ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 FÉVRIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE. — *Sur le celtium, élément de numéro atomique* 72.
Note de M. G. URBAIN.

MM. Coster et Hevesy ont annoncé dans le numéro du 20 janvier 1923 du journal anglais *Nature* qu'ils avaient observé le spectre de haute fréquence de l'élément de numéro atomique 72 qu'ils appellent Hafnium et dont ils revendiquent la découverte.

Ils n'ignoraient pas cependant les Notes que nous avons respectivement publiées, M. Dauvillier et moi, sur le même sujet (1). Dans la première, M. Dauvillier annonçait qu'il avait observé les raies X de l'élément 72 dans mes fractions celtifères. Dans la seconde, j'expliquais que ces recherches avaient été entreprises pour caractériser par son spectre de toute fréquence, c'est-à-dire par son numéro atomique, l'élément que j'avais annoncé en 1911.

Pour ne tenir aucun compte de cette antériorité, il faudrait qu'il soit prouvé que les raies X observées dans mes produits n'appartiennent pas à l'élément 72. Mais MM. Coster et Hevesy ne sauraient faire cette démonstration. Leur argumentation se base sur les considérations suivantes :

1° Le spectre d'arc que j'ai décrit est trop intense pour correspondre aux raies X faibles observées par M. Dauvillier.

2° L'élément 72, qu'ils considèrent comme tétravalent, ne saurait accompagner des terres rares trivalentes.

---

(1) DAUVILLIER, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1347. — G. URBAIN, *Ibid.*, p. 1349.

Le spectre d'arc incriminé se compose de raies qui, si elles n'appartiennent pas à l'élément 72, ne pourraient être que des raies d'étincelle du lutécium, car il ne resterait plus que cette façon d'interpréter leur comportement très particulier. Dans des spectres très compliqués dus à la présence simultanée de plusieurs corps riches en raies, de telles erreurs sont assurément possibles. Mais cette question est d'ordre secondaire, alors que le spectre de rayons X est à la fois suffisant et nécessaire pour définir l'élément nouveau. C'est sur lui seul que MM. Coster et Hevesy ont cru devoir limiter leurs observations, ce qui montre bien qu'eux-mêmes le considèrent comme nécessaire et suffisant. Ils n'ont d'ailleurs fait qu'observer le même spectre qui a été décrit ici-même il y a huit mois.

Le doute qu'ils expriment relativement à l'observation du spectre de haute fréquence du 72 dans mes fractions celtifères domine donc le débat. Or il ne suffit pas d'affirmer que l'élément 72 ne puisse se trouver avec des terres rares pour qu'il ne s'y trouve pas, car aucune manière de voir ne peut prévaloir contre un fait.

Toutes les expériences de contrôle ont été faites pour s'assurer que les raies X observées appartiennent en propre à l'élément 72. M. Dauvillier, qui a vérifié que les raies de cet élément sont visibles dans la zircone, ainsi que MM. Coster et Hevesy l'ont annoncé, a observé une coïncidence exacte entre les raies du 72 dans mes fractions celtifères et les raies du même 72 dans la zircone.

La démonstration a été faite que deux des raies X attribuables au 72 dans mes terres à celtium ne pouvaient appartenir à aucune des terres rares dont les raies peuvent coïncider avec celles du 72. Un nouvel échantillon de la même matière, obtenue en poursuivant les fractionnements primitifs, a donné les mêmes résultats. Enfin, depuis la publication de MM. Coster et Hevesy, M. Dauvillier a recherché vainement dans mes produits la présence de la zircone dont certaines raies se superposent avec celles du 72. De même l'arc n'a révélé aucune des raies caractéristiques du zirconium.

Il en résulte que MM. Coster et Hevesy n'ont certainement pas découvert l'élément 72, mais seulement une matière première abondante et riche de cet élément, lequel est désigné par M. Dauvillier et par moi du nom de celtium [1], conformément au droit que nous assure une indéniable priorité.

---

[1] MM. de Broglie et J. Cabrera, qui ont observé le spectre K d'absorption du 72 (celtium) (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 433), sont très affirmatifs relativement à la présence de l'élément 72 dans mes produits celtifères. Les clichés du spectre de haute fréquence se trouvent en effet dans le laboratoire de M. de Broglie où les mesures ont été faites.

ÉLECTRICITÉ. — *Éclateurs à soufflage de l'étincelle dans un diélectrique gazeux.* Note de M. J.-L. BRETON.

Le fonctionnement des éclateurs, destinés à produire une décharge oscillante utilisée pour la production des courants de grande fréquence, se trouve amélioré en soufflant l'étincelle par un violent courant d'air, ou en faisant jaillir cette étincelle dans un diélectrique gazeux approprié : hydrogène, gaz d'éclairage, vapeur d'alcool, d'éther, d'essence, etc.

Un très grand nombre de types d'éclateurs ont été réalisés depuis longtemps, notamment par d'Arsonval qui a indiqué et expérimenté de nombreux et ingénieux dispositifs, basés sur l'un ou sur l'autre de ces principes.

L'étude des fours d'induction de grande fréquence, poursuivie depuis plusieurs années à la Direction des Recherches et Inventions, nous a amené à réaliser un type d'éclateur réunissant ces deux conditions et assurant le soufflage énergique de l'étincelle au sein même du diélectrique gazeux utilisé.

Dans notre premier type d'éclateur, l'étincelle jaillit dans un violent courant de ce diélectrique gazeux circulant dans un circuit entièrement clos sous l'impulsion d'un compresseur spécial, de telle sorte qu'une petite quantité du gaz utilisé suffit pour entretenir le fonctionnement continu de l'appareil.

Les bons résultats donnés par cet éclateur n'étaient toutefois obtenus que grâce à une complication excessive de l'appareil, et l'amélioration de rendement du four d'induction ne pouvait compenser la dépense d'énergie nécessaire pour alimenter le moteur du compresseur.

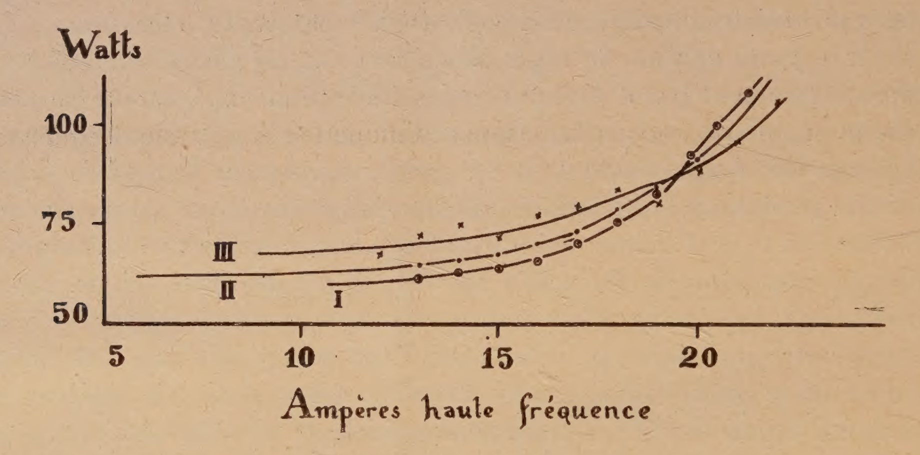
C'est ainsi que je fus amené à étudier un dispositif beaucoup plus simple ne nécessitant plus qu'un petit moteur à grande vitesse d'un dixième de cheval, et conservant les avantages du précédent.

Cet appareil est constitué par un disque conducteur de métal ou de graphite tournant à une vitesse de 3000 à 4000 tours dans un récipient cylindrique hermétiquement clos et rempli de gaz d'éclairage ou de vapeur d'alcool. Les étincelles jaillissent entre la surface de ce disque et deux électrodes de graphite supportées par des tiges à vis qui pénètrent dans le récipient en traversant des entrées accordéons en porcelaine. Des regards, munis de glaces ou de feuille de mica, permettent de suivre le fonctionnement de l'appareil et de régler les longueurs d'éclatement. Un refroidis-

sement par circulation d'eau ou par ailette permet un fonctionnement ininterrompu de très longue durée.

Ce nouveau type d'éclateur essayé par M. Dufour pour l'alimentation de son four d'induction à grande fréquence donna les meilleurs résultats. L'amélioration de rendement qu'il procure est très facilement mise en évidence en arrêtant le moteur au cours d'une expérience : au fur et à mesure que diminue la vitesse de rotation du disque, on voit tomber l'intensité du courant de grande fréquence traversant la self du four d'induction.

Les courbes reproduites ici indiquent les résultats obtenus au cours des



différents essais faits par M. Dufour sur son four d'induction à grande fréquence en employant successivement : 1° un éclateur à mercure et vapeur d'alcool analogue à ceux utilisés dans les fours d'induction à grande fréquence américains; 2° l'éclateur tournant dans le gaz d'éclairage que nous venons de décrire; 3° l'éclateur à étincelle soufflée par un courant de gaz d'éclairage que nous avions d'abord réalisé.

Pour caractériser la valeur relative de ces différents types d'éclateurs on les a placés successivement dans un même circuit oscillant comportant un amortissement propre bien déterminé, et l'on a cherché la puissance nécessaire pour produire un ampère de haute fréquence, pour différentes valeurs du courant de haute fréquence. Cette puissance (mesurée au primaire du transformateur) croît au fur et à mesure que l'intensité haute fréquence s'élève.

C'est ainsi que pour un régime de 15 ampères haute fréquence il faut pour produire 1 ampère : 64 watts avec l'éclateur à mercure, 67 watts avec l'éclateur tournant dans le gaz d'éclairage et 72 watts avec l'éclateur à

étincelle soufflée par un courant de gaz d'éclairage; tandis que pour un régime de 21 ampères haute fréquence il faut, pour produire le même ampère : 105 watts avec l'éclateur tournant à mercure, 100 watts avec l'éclateur tournant et 95 avec l'éclateur soufflé. Ce nombre de watts, que l'on peut appeler le prix de l'ampère haute fréquence, caractérise complètement la valeur relative de différents éclateurs à condition d'avoir été déterminé sur le même circuit oscillant.

On remarquera sur les courbes reproduites ci-contre que si, aux petits régimes, l'éclateur à mercure se montre supérieur, il est, à partir du régime de $19^{\text{amp}},5$ haute fréquence, nettement dépassé par les éclateurs tournant et soufflé dans le gaz d'éclairage.

C'est pourquoi notre éclateur tournant décrit plus haut fut finalement retenu pour la réalisation des fours d'induction à grande fréquence, et mis au point par M. Dufour.

CHRONOMÉTRIE. — *L'isochronisme et le frottement quadratique.* Note de M. Jules Andrade.

I. Lorsque l'on veut monter des horloges élastiques ou chronomètres fixes avec un nombre de ressorts réglants hélicoïdaux inférieur à 8, nombre optimum conseillé par les prévisions théoriques, on rencontre pour *un assemblage particulier de quatre ressorts* un frottement latéral, dû à un couple d'appui longitudinal dont le plan est fixe par rapport au balancier oscillant; au frottement né de cet appui élastique latéral s'ajoute d'ailleurs un frottement constant sur la tête du pivot de l'axe du balancier; le couple d'appui élastique est quadratique par rapport à l'angle d'écart u du système oscillant comparé au point mort du système des quatre ressorts réglants, et nous avons ainsi à étudier le mouvement vibratoire

$$(1) \qquad \frac{d^2u}{dt^2} = -K^2u - K^2qu^2\varepsilon - K^2f\varepsilon; \qquad \varepsilon = \operatorname{sgn}\frac{du}{dt}.$$

Dans cette équation, q et f sont deux petites quantités, et si le frottement latéral est supposé *aussi de glissement* le rapport $\frac{f}{q}$ est lui-même très petit, $\frac{1}{2}\cdot 10^{-10}$; cette dernière circonstance n'a d'ailleurs rien d'essentiel dans l'analyse d'approximations qui va suivre.

II. J'envisage l'équation différentielle

$$\frac{d^2 v}{dt^2} = - K_0^2 v - \varepsilon K_0^2 q v^2 \tag{2}$$

et *j'essaye d'établir entre u et v la correspondance*

$$v = au + b\varepsilon; \tag{3}$$

nous obtenons ainsi les déterminations suivantes de $\frac{K^2}{K_0^2}$, a et b en fonction de q et de f, à savoir :

$$\begin{cases} a = \frac{K^2}{K_0^2} = \frac{1 \pm \sqrt{4qf}}{1 - 4qf}, \\ b = \pm \sqrt{\frac{f}{q}} \frac{1}{1 - 4qf}, \end{cases} \tag{4}$$

formules où les signes supérieurs devant les radicaux sont pris ou rejetés ensemble.

III. Rien n'oblige à choisir entre ces deux solutions; chacune d'elles jouira en effet des propriétés suivantes précieuses pour le problème concret ici posé.

Remarquons d'abord que la vibration (2), *supposée entretenue par un choc instantané* donné au point mort $v = 0$, sera isochrone à une approximation relative, de l'ordre de q^2, comme le montre la méthode classique d'approximations successives.

En vertu de la correspondance (3) et, à cela près, que la valeur $v = 0$ correspond à la valeur $u = -\frac{b}{a}\varepsilon$, et, à cela près aussi que c'est le mobile du mouvement (1) qui reçoit le choc de l'échappement, nous concluons que *le mouvement entretenu* (1) *sera isochrone à une approximation relative de l'ordre de* $\frac{1}{q^2}$, si le choc réparateur *est centré*, non pas sur le point mort $u = 0$, mais sur ce point décalé de la quantité $-\frac{b}{a}\varepsilon$; ce décalage est en arrière du passage au point mort si $a > 1$, car b est > 0; ce décalage, au contraire, est en avance sur le passage au point mort si $a < 1$, car b est négatif.

IV. On remarquera que ce décalage sera augmenté en valeur absolue, si le rapport $\frac{f}{q}$ croît; c'est ce qui arrivera si le frottement latéral devient un frottement de roulement.

Dans une prochaine Note, je préciserai l'assemblage des quatre ressorts hélicoïdaux qui réalise ce frottement quadratique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les corps cholestériques.*
Note de M. **Georges Friedel.**

L'addition de quantités, même très petites, d'un corps cholestérique [1] à un corps à phase nématique (azoxyanisol, azoxyphénétol) dépourvu de pouvoir rotatoire, transforme la phase nématique en lui imprimant toutes les propriétés caractéristiques du type cholestérique, notamment la structure à surfaces équidistantes et le très grand pouvoir rotatoire. Si l'on admet, comme tout l'indique, que le pouvoir rotatoire de la phase cholestérique est dû à une très forte torsion autour de la normale à l'axe optique positif de l'élément, torsion qui engendre à la fois ce pouvoir rotatoire et le signe négatif, la théorie fait prévoir que le pouvoir rotatoire, mesuré dans la région normale du spectre, c'est-à-dire loin de la longueur d'onde d'inversion du côté des petites longueurs d'onde, *doit être d'autant plus fort que la torsion est plus faible.* Ce pouvoir rotatoire, de sens contraire à la torsion dans la zone normale du spectre, n'existe sous la forme classique que lorsque la torsion est assez grande (angle du cône de roulement sur l'équateur de la sphère de Poincaré, voisin de 180°).

L'observation, confirmant entièrement cette singulière conclusion, montre qu'*à mesure que la teneur en corps cholestérique décroît, le pouvoir rotatoire augmente rapidement.* Le Tableau suivant donne, en tours par millimètre, pour diverses longueurs d'onde et aux températures de 100° et de 125°, le pouvoir rotatoire gauche de trois mélanges d'azoxyanisol (A) et d'acétate de cholestérine (C) dans les proportions en poids : Colonne 1, 10 A : 1 C; colonne 2, 20 A : 1 C; colonne 3, 40 A : 1 C. Pour ces mélanges, la longueur d'onde d'inversion est loin dans l'infrarouge et le spectre visible est tout entier dans la zone normale où le pouvoir rotatoire croît régulièrement du rouge au violet.

	100°.			125°.		
λ.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
$\mu\mu$ 635	37,5	65	125	17,5	38	83
585	50	87	165	22	53	100
535	69	126	222	28	67	143
505	90	157	265	36	90	172

(1) G. Friedel, *Les états mésomorphes de la matière* (*Annales de Physique*, nov.-déc. 1922).

Ce fait, au premier abord si paradoxal, met hors de doute que l'énorme pouvoir rotatoire que montrent les corps cholestériques quand ils ont la structure à plans de Grandjean n'a pas de rapport direct avec le pouvoir rotatoire moléculaire, est dû entièrement à la structure, et provient de torsions extrêmement fortes (de l'ordre de plusieurs centaines de tours par millimètre au moins) que comporte cette structure. Le sel de cholestérine, qui introduit la dissymétrie holoaxe sans laquelle il n'y aurait pas de pouvoir rotatoire, n'est pas directement la cause de ce pouvoir rotatoire. Ce qu'il détermine, c'est une torsion qui croît régulièrement avec la teneur, mais dont l'effet optique, le pouvoir rotatoire, varie en sens inverse, ainsi que la théorie le fait prévoir.

L'étude de ces mélanges de corps nématiques et cholestériques, comme aussi celle des mélanges de corps cholestériques dextres et sénestres, a mis en évidence l'identité essentielle des corps cholestériques et des corps nématiques. Il était, dès lors, bien probable que le corps cholestérique est simplement la forme spéciale que prend le corps nématique lorsqu'il a la dissymétrie holoaxe. Pour s'en assurer sans ambiguïté, il fallait introduire cette dissymétrie autrement que par l'addition d'un corps cholestérique. C'est ce qui a été fait en examinant les propriétés des mélanges des corps nématiques avec la colophane, corps qui, à lui seul, ne fournit pas de phase mésomorphe mais possède le pouvoir rotatoire.

L'addition de petites quantités de colophane à l'azoxyphénétol ou à l'azoxyanisol donne naissance à des structures à noyaux dans lesquelles se manifeste une torsion autour d'une normale à l'axe optique. Cette torsion est du même genre que celles, de sens et de pas variables, que Mauguin a décrites dans les corps nématiques purs. Mais elle est ici spontanée, de pas et de sens constants dans un même mélange et à une même température. Elle diffère aussi de la torsion des plages de Mauguin en ce qu'elle n'est pas limitée à 90°, mais quelconque.

D'autre part, ces mélanges, ainsi que l'avait déjà signalé Lehmann, montrent aussi des structures à surfaces équidistantes (Schraffierung) qui paraissent bien se confondre avec celles des corps cholestériques. Mais l'azoxyanisol et surtout l'azoxyphénétol ne supportent, sans disparition de la phase mésomorphe, que de très petites additions de colophane. C'est pourquoi on ne peut observer avec ces corps que des stades de passage du type nématique au type cholestérique dans lesquels les torsions sont encore relativement faibles (atteignant toutefois quelque 90 tours par millimètre) et les surfaces équidistantes très espacées (quelque 4^{μ} à 6^{μ}).

En revanche, la méthylbenzylidènebenzidine (M) permet l'addition de proportions beaucoup plus importantes de colophane. Il est utile d'y ajouter de l'azoxyphénétol (P) pour abaisser les températures de stabilité et éviter l'altération qui ne permettrait pas une observation prolongée. Les mélanges de 1 partie de M et 1 à 2 parties de P (mélanges du type nématique ordinaire) avec des proportions de colophane voisines de $\frac{1}{10}$ du total *ont toutes les propriétés d'un corps cholestérique*. Dans une fente de clivage de mica, ils montrent les plans de Grandjean, très espacés mais d'une netteté parfaite. Entre verres, au refroidissement à partir du liquide isotrope, ils ont une structure à surfaces parallèles équidistantes extrêmement intéressante, dans laquelle ces surfaces tendent vers la forme de cyclides de Dupin (et, dans l'espèce, vers la structure dite « polygonale » des corps smectiques) sans présenter encore ces formes avec la stricte régularité géométrique qu'on observe dans les corps smectiques, ou dans les corps cholestériques à surfaces serrées. On saisit ici un premier degré, encore imparfait, de la structure à coniques. Quand, par diminution de la proportion de colophane, on obtient un espacement plus grand des surfaces, celles-ci cessent d'être exactement équidistantes, perdent toute forme géométrique et finissent par se réduire à ces surfaces tout à fait irrégulières que G. Friedel et Grandjean avaient signalées autrefois dans l'azoxyphénétol additionné d'une trace de colophane. Lorsqu'au contraire les surfaces se rapprochent et tendent vers un espacement de l'ordre de ceux des corps cholestériques habituels (moins de 0,5), et *a fortiori* quand il s'agit des surfaces à distances moléculaires des corps smectiques, leur forme devient de plus en plus strictement celle de cyclides de Dupin.

Il n'y a là, on le voit, qu'une manière d'être de la structure à coniques qui est l'une des deux formes qu'offrent tous les corps cholestériques, sans exception connue. L'autre forme, la structure à plans, qui s'établit spontanément sur la surface rigoureusement propre du clivage de mica, se voit aussi entre verres, et d'une manière particulièrement frappante, grâce à ce fait que le mélange, s'il est assez riche en M, dépose, au refroidissement, de grandes lames cristallines de ce corps. Au contact de ces cristaux, la phase mésomorphe s'oriente sur leur surface parfaitement propre, comme sur le mica, et donne une magnifique structure à plans de Grandjean avec, entre les bords des plans, les ornementations caractéristiques en forme de virgules (gauches), animées du mouvement de translation habituel, ici très actif.

En résumé, l'addition à un corps nématique A d'une substance quelconque B possédant le pouvoir rotatoire moléculaire, donne naissance à un

corps cholestérique où l'on constate les deux structures typiques de cette forme de matière. Si la teneur en corps asymétrique dépasse une certaine limite, généralement très minime, la structure à plans montre un pouvoir rotatoire proprement dit, et très fort, comme les corps cholestériques ordinaires. Ce pouvoir rotatoire, loin d'être proportionnel à la teneur en B, croît régulièrement (dans la partie normale du spectre) lorsque cette teneur diminue. Quand la proportion de B tend vers zéro, on passe graduellement des caractères cholestériques aux caractères nématiques, par l'espacement croissant des surfaces équidistantes, qui perdent à la fois la régularité de leur espacement et leur forme de cyclides de Dupin. En même temps, la torsion diminuant, le pouvoir rotatoire proprement dit du type cholestérique, dû à des torsions excessivement fortes autour d'une normale à l'axe optique élémentaire, passe aux propriétés connues des plages tordues de Mauguin. Si l'on observe entre verres plan et convexe, entre nicols, en lumière monochromatique, les anneaux réguliers du pouvoir rotatoire disparaissent, remplacés par des anneaux d'un type différent où se combinent, avec une double périodicité, les effets de la biréfringence et de la torsion; en lumière blanche, on voit apparaître les anneaux achromatiques de torsion, indiquant une torsion optique de même sens et de même pas que la torsion de structure, donc inverse du pouvoir rotatoire observé dans la partie normale du spectre. Entre les deux extrêmes, plages à pouvoir rotatoire proprement dit et plages tordues de Mauguin, il y a tous les passages.

BOTANIQUE. — *Sur l'état quiescent prolongé d'une Algue phéosporée éphémère.* Note de M. C. Sauvageau.

Diverses Phéosporées apparaissent à un moment déterminé de l'année, se développent rapidement et, après quelques semaines, disparaissent jusqu'à l'année suivante, sans que l'on sache sous quelle forme elles se conservent. L'intérêt que présenterait l'étude de leur évolution totale est encore augmenté chez celles dont on connaît une seule sorte d'organes reproducteurs. J'ai déjà montré que les Laminaires et les *Dictyosiphon* sont des sporophytes, et que les gamétophytes de ces plantes, jusque-là ignorés, sont de dimensions microscopiques [1].

---

[1] C. Sauvageau, *Recherches sur les Laminaires des côtes de France* (*Mém. de l'Acad. des Sc.*, t. 56, 1918, p. 6); *Sur un nouveau type d'alternance des générations chez les Algues brunes* (Dictyosiphon fœniculaceus) (*Comptes rendus*, t. 164, 1917).

Les Chordariacées cylindriques et plus ou moins gélatineuses, dont l'aspect extérieur n'est pas sans ressemblance avec les *Dictyosiphon*, ont aussi une existence éphémère. Leur détermination précise est parfois presque impossible, car plusieurs genres sont mal établis, et certains noms spécifiques s'appliquent à des plantes différentes ([1]). La plante fistuleuse et ramifiée dont il s'agit ici, haute de 15^{cm} à 30^{cm} et large de 1^{mm} à 2^{mm}, n'offrant, comme organes reproducteurs, que des sporanges uniloculaires, appartient donc au genre *Mesogloia*, tel que Thuret le définit; elle est voisine du *Mes. Griffithsiana* Grev., et je la désigne provisoirement comme *Mesogloia* n° 1.

Au début d'août 1918 et 1920, j'ai rencontré, à Roscoff, des individus adultes de ce *Mesogloia* fixés sur des pierres au niveau du *Zostera marina;* on n'en trouvait plus en septembre, et peut-être vit-il moins de deux mois. Des cultures entreprises le 10 août 1918, dans l'espoir de découvrir une alternance de générations, sont encore vivantes, sous un état très réduit, et cette extraordinaire résistance à la mort laisse concevoir comment, en dehors de toute reproduction sexuée, la plante peut tout à coup réapparaître, dans la nature, si sa végétation est de nouveau favorisée.

J'ai établi plusieurs cultures sur lames de verres ([2]) et j'ai, en outre, déposé un fragment de *Mesogloia* dans une cuvette à photographie 18×24. Les zoospores piriformes, munies d'un chromatophore allongé, donnent des embryospores arrondies d'environ 5^{μ} qui germent promptement et fournissent un filament rampant. Une semaine après, celui-ci, long de 100^{μ} à 200^{μ} et large de 5^{μ} à 6^{μ}, émet çà et là des branches perpendiculaires; chaque cellule renferme 1 ou 2 chromatophores; la plupart des plantes possèdent 1 ou 2 longs poils à croissance basale, larges de 3^{μ}. La croissance s'est maintenue vigoureuse; au début d'octobre, certaines plantules ont une dizaine de branches dressées, dont les plus longues atteignent 300^{μ}; ces branches, et l'extrémité antérieure du filament rampant, entourées d'une gaine pectique, s'élargissent graduellement de la base (6^{μ}) au sommet (15^{μ}-20^{μ}), et rappellent les filaments assimilateurs de la plante originelle. Les plantules étaient donc en très bonne voie, mais je dus quitter le Laboratoire de Roscoff et, à tout hasard, j'emportai à Bordeaux les deux lames qui me restaient et des plantules provenant du raclage du fond de la cuvette à photographie; je recommandai au personnel du Laboratoire de laisser la cuvette en place.

([1]) C. Sauvageau, *Note préliminaire sur les Algues marines du golfe de Gascogne*, 1897, p. 46.

([2]) *Recherches sur les Laminaires*, p. 17.

Ces plantules ont bien supporté le voyage, et de nouvelles branches naquirent sur le filament rampant. Cependant, à partir de la fin de novembre, si chaque cellule est capable de se diviser et de proliférer, nombre de cellules de situation quelconque meurent. En mars 1919, les plantules ne laissent plus distinguer leur forme primitive; elles constituent de petits amas bruns irréguliers qui doivent être légèrement écrasés pour l'examen au microscope; les cellules isolées ou en file moniliforme, arrondies, ovales ou en forme de figue, se multiplient par division ou par un bourgeonnement qui précède la division. Le 28 mars, j'ai mis les deux lames de culture dans une cuve plus grande, renfermant 3 litres d'eau, sans pour cela réussir à activer la végétation. D'ailleurs, très peu d'eau suffit pour conserver le *Mesogloia* vivant. Ainsi, j'avais laissé, dans un tube renfermant environ 10^{cm^3} d'eau, les plantules prises, en octobre 1918, dans la cuvette à photographie de Roscoff; les petits amas tombés au fond grossirent et vivaient encore au printemps de 1922; des plantules s'étaient même développées sur la paroi, dans le haut du tube, semées sans doute par des fragments soulevés par des bulles gazeuses.

Je ne m'occupais de ces cultures que pour constater leur vitalité en prélevant de loin en loin une parcelle. Cependant, j'ai tenté de raviver l'une des lames, le 18 mai 1920, en la transportant à Guéthary; les plantules se détachèrent pendant le voyage; je les déposai dans un bocal renfermant 300^{cm^3} d'eau fraîche; le *Mesogloia* sembla reprendre tout d'abord une vie plus active, puis s'y comporta comme à Bordeaux; le 29 décembre 1921, le petit laboratoire de Guéthary devant subir des réparations, j'ai porté le bocal à l'hôtel où il reçut la lumière par la lucarne d'un grenier; le 15 août 1922, je le transportai de nouveau dans ce petit laboratoire; la plante a supporté tous ces changements; je l'ai examinée en janvier 1923, elle vivait encore, mais les cellules ne se divisaient guère et elle ne tardera pas à périr.

Je suis retourné à Roscoff le 12 juillet 1920, le *Mesogloia* garnissait les parois de la cuvette laissée en 1918 d'un enduit brun grisâtre formé par des cellules isolées ou réunies en chapelet, sphériques ou en forme de figue; certaines cellules isolées avaient bourgeonné en deux ou trois cellules. Un peu de cet enduit, déposé le 24 juillet dans une cuve d'eau fraîche, y tomba en petits amas dont la teinte s'accentua les jours suivants. Examinée le 12 août, la plante semblait revenir à la vie active; les chromatophores s'étaient élargis; sur nombre de portions moniliformes, chaque cellule se cloisonnait transversalement; des cellules isolées, ou en chapelet, produisaient un long poil ou un filament rampant étroit. Pendant ce temps, la

plante conservait l'état quiescent dans la cuvette du 10 août 1918. Mais, je dus quitter Roscoff, peu de jours après; le 20 octobre suivant, j'ai reçu à Bordeaux une partie de cette culture du 24 juillet que je versai dans 200^{cm^3} d'eau; la plante n'avait pas continué l'accroissement qu'elle promettait, avait perdu ses poils, et tendait à reprendre l'état moniliforme de vie ralentie; je la possède encore vivante; ses cellules varient de 15^{μ} à 45^{μ} de diamètre; toutefois, je n'espère plus la conserver longtemps.

La plante est donc en captivité depuis plus de 54 mois, et cela dans des conditions très défectueuses, à Bordeaux surtout, où toutes mes cultures sont dans une petite salle si chaude en été que je croyais les trouver mortes dès 1919 à mon retour de vacances. En juin 1921, après avoir fait percer une large ouverture au-dessus des portes, pour y établir un courant d'air permanent pendant la saison chaude, j'ai placé un thermomètre enregistreur entre les vases de culture; le 12 juillet 1921 et les 29 et 30 mai 1922, la température s'éleva à 27°, maximum qui fut certainement dépassé en 1919 et 1920; les 8 et 9 février et 12 décembre 1922, elle descendit à 2°.

L'état moniliforme et dissocié de ce *Mesogloia* dans l'eau de mer confinée rappelle celui de certains Mucors devenus anaérobies; remarquons toutefois que les plantules qui flottaient à la surface de l'eau dans la cuvette de Roscoff prirent cet état souffreteux dès la fin de septembre 1918, bien avant les plantules submergées. Quoi qu'il en soit, si le *Mesogloia* rencontrait de semblables conditions dans la nature, il pourrait y résister, puis croître rapidement, comme l'indique la transplantation du 24 juillet 1920.

En 1921, j'ai cherché si d'autres Chordariacées présentent une semblable résistance. J'ai récolté les 7 mai et 7 juin, à Guéthary, le *Castagnea* (*Eudesme*) *virescens* Thur. garni de sporanges uniloculaires, mais qui n'avait pas encore produit d'organes pluriloculaires et, les 7 juin et 3 juillet, un *Mesogloia* n° 2, plus gris, plus court, plus grêle et plus ramifié que le *Mesogloia* n° 1. Ces deux espèces et aussi le *Mes. Griffithsiana*, récolté à Cherbourg le 8 septembre par M. Corbière et Mlle Doublet, m'ont fourni des plantules en tout comparables à celles du *Mesogloia* de Roscoff, et certaines de mes cultures sont encore vivantes à Bordeaux. Les plantules issues des zoospores du *Mes. vermiculata* et *Chordaria flagelliformis* consistent d'abord, comme les précédentes, en un filament rampant; toutefois je ne les ai pas conservées assez longtemps pour les voir prendre l'état moniliforme quiescent.

A l'inverse du *Cast. virescens*, le *Cast. Zosteræ* Thur. semble produire ses sporanges pluriloculaires avant les uniloculaires. En effet, les exemplaires

récoltés le 9 août 1921 par M. Corbière et Mlle Doublet présentaient seulement les premiers; sur les exemplaires récoltés le 22 août, la plupart des sporanges pluriloculaires étaient vieux, et la plupart des sporanges uniloculaires étaient jeunes. Un *Castagnea* sp. de la Méditerranée, reçu de M. Raphaël Dubois le 31 juillet 1921, présentait de nombreux sporanges pluriloculaires et très peu d'uniloculaires. Or, chez ces deux espèces, j'ai obtenu seulement la déhiscence des sporanges pluriloculaires; leurs zoospores, munies de 4 ou 5 chromatophores, germent facilement; les embryospores, larges de 9$^{\mu}$, s'étalent en disque; les plantules discoïdes, semblables à celles du *Myrionema vulgare* [1], sont mortes après quelques semaines de culture.

M. G. **Bigourdan** fait hommage à l'Académie du *Rapport annuel sur les travaux effectués par le Bureau international de l'Heure* (B. I. H.) *en* 1922.

M. **Mesnager** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie du Volume que je viens de publier sur les pierres.

J'y ai fait figurer un grand nombre de résultats d'essais, capables de fournir des données numériques utiles aux constructeurs.

On y trouvera également une étude sur les lois de la rupture d'équilibre qui fait succéder au régime élastique : 1° les déformations permanentes quand le corps est plastique ; 2° la rupture quand le corps est fragile. Les expériences qui ont permis de déterminer ces lois sont éparses dans divers Mémoires, souvent peu connus; il m'a paru utile de rassembler ces résultats et de les coordonner pour en tirer des règles précises.

M. G. **Urbain** présente le premier Rapport de la *Commission Internationale des Éléments chimiques* que renferme la Table des Isotopes et celle des Éléments radioactifs. M. G. Urbain attire l'attention sur la définition de l'élément chimique adopté par la Commission Internationale. Cette définition est la seule qui soit conforme à l'état actuel de la Science.

---

(1) C. Sauvageau, *Sur quelques Myrionémacées* (*Ann. Sc. nat.*, 8e série, t. 5, 1898).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Schwendener*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 54,

M. W. C. Brögger	obtient	42 suffrages
M. Jules Bordet	»	8 »
M. Em. Paternò	»	3 »
M. Serge Winogradsky	»	1 suffrage

M. **W. C. Brögger**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'utilisation de la chaleur solaire aux colonies*, par E. Doublet. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° Marie Phisalix. *Alphonse Laveran, sa vie, son œuvre.* (Présenté par M. F. Mesnil.)

3° *Les méthodes d'études des alliages métalliques*, par Léon Guillet. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Les systèmes de courbes sur une surface et le parallélisme de M. Levi-Cività.* Note de M. **A. Myller**, présentée par M. Appell.

Dans une Note précédente [1] nous nous sommes occupé d'un système de plans Σ formé en associant à chaque point M d'une courbe donnée C un

[1] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 939.

plan P passant par lui et variant d'une façon continue avec le point. Étant donnés deux plans infiniment voisins, P et P′, nous avons considéré dans P une droite quelconque D passant par M et dans P′ une droite D′ par M′ telle que, de toutes les droites passant par M′ et situées dans P′, D′ soit celle qui fait avec D le plus petit angle possible. Nous dirons dans ce qui suit que D′ est parallèle à D au sens de M. Levi-Civitâ. Étant donnée une suite Σ de plans P, P′, P″, ..., nous pouvons construire, en partant d'une droite D dans P, la suite de droites D′ parallèle à D, D″ parallèle à D′, etc. Toutes ces droites seront dites parallèles au sens de M. Levi-Civitâ le long de la courbe C dans le système de plans Σ.

Prenons sur une surface un système u, v de coordonnées curvilignes et formons le système de plans Σ en faisant correspondre à chaque point M de la courbe $u =$ const. le plan normal à la surface qui passe par la tangente MT à la courbe $v =$ const. Cherchons dans quelles conditions les tangentes MT sont parallèles au sens de M. Levi-Civitâ le long de $u =$ const. dans le système Σ considéré. D'après ce qui a été montré dans la Note mentionnée, deux tangentes MT et M′T′ correspondant aux points (u, v) et $(u, v + dv)$ sont parallèles au sens de M. Levi-Civitâ, si M′T′ est parallèle au sens ordinaire au plan passant par MT et perpendiculaire au plan du système Σ, c'est-à-dire au plan tangent à la surface de M. Les coefficients directeurs de M′T′ étant

$$\frac{\partial x(u, v + dv)}{\partial u} = \frac{\partial x}{\partial u} + \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} dv + \ldots,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

la condition de parallélisme au plan tangent en M est

$$\sum \begin{vmatrix} \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \end{vmatrix} \left(\frac{\partial x}{\partial u} + \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} dv + \ldots \right) = 0$$

ou

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} & \frac{\partial^2 y}{\partial u\, \partial v} & \frac{\partial^2 z}{\partial u\, \partial v} \\ \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial x}{\partial v} & \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \end{vmatrix} = 0.$$

Par conséquent, les lignes paramétriques $u =$ const., $v =$ const. forment un système conjugué. A cause de la symétrie du résultat les lignes $v =$ const. ont une propriété analogue à celle démontrée pour $u =$ const.

En vertu d'une propriété connue des systèmes conjugués, les tangentes MT, M′T′ forment une surface développable. Soit Γ son arête de rebroussement. Il est évident que les plans du système Σ sont les plans rectifiants de la courbe Γ. D'après un théorème démontré dans la Note citée, si nous tournons d'un angle constant MT les tangentes dans leurs plans P, elles restent parallèles au sens de M. Levi-Cività et la surface réglée formée par elles a la ligne de striction sur l'enveloppe des plans P, c'est-à-dire sur la surface rectifiante de Γ. En spécial, les normales le long de la courbe $u =$ const. forment une surface réglée dont la ligne de striction est située sur la surface rectifiante de la courbe Γ correspondante.

Considérons aussi le cas où à chaque point de la courbe $u =$ const. nous faisons correspondre le plan normal à la surface contenant la tangente à la courbe dans ce point. Pour que les tangentes soient parallèles au sens de M. Levi-Cività, il faut que la tangente à la courbe au point $(u, v + dv)$ soit parallèle au sens ordinaire au plan tangent à la surface en (u, v). Les coefficients directeurs de la tangente étant

$$\begin{gathered}\frac{\partial x}{\partial v} + \frac{\partial^2 x}{\partial v^2} dv + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\end{gathered}$$

la condition du parallélisme est

$$\sum \begin{vmatrix} \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \end{vmatrix} \left(\frac{\partial x}{\partial v} + \frac{\partial^2 x}{\partial v^2} \partial v + \ldots \right) = 0$$

ou

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 x}{\partial v^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial v^2} & \frac{\partial^2 z}{\partial v^2} \\ \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial x}{\partial v} & \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \end{vmatrix} = 0,$$

ce qui montre que les courbes $u =$ const. doivent être lignes asymptotiques de la surface. Par conséquent, les tangentes principales sont parallèles au sens de M. Levi-Cività dans le système des plans rectifiants de la ligne asymptotique. En tournant les tangentes d'un angle constant dans les plans rectifiants, on obtient une surface réglée ayant la ligne de striction sur la surface rectifiante, et par conséquent la ligne

asymptotique elle-même. Particulièrement, les normales le long d'une ligne asymptotique forment une surface réglée ayant cette ligne comme ligne de striction.

Le cas où les plans associés aux points d'une courbe sont tangents à la surface a été étudié par M. L. Bianchi (*Boll. Unione Mat. Italiana*, vol. 1, n° 1) et a conduit aux réseaux de Tchebychef.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation du théorème de Jacobi.* Note de M. **Juvet**, présentée par M. Hadamard.

On sait toute l'importance de l'équation aux dérivées partielles de Hamilton-Jacobi pour l'intégration des équations canoniques relatives aux intégrales simples stationnaires [1]. C'est à la généralisation du théorème de Jacobi pour le cas des intégrales multiples, étudiée en premier lieu par M. Volterra et par M. Fréchet [2], que cette Note est consacrée.

Considérons, pour fixer les idées, l'intégrale double

$$I = \int\int_{(A)} f(x, y, z, p, q)\, dx\, dy$$

étendue à une aire A limitée par un contour fermé C; I est une fonctionnelle dépendant de ce contour C et des valeurs $u(s)$ de z sur ce contour, lorsque la fonction $z(x, y)$ est choisie de telle manière que $\delta I = 0$. Cette fonctionnelle satisfait à l'équation aux dérivées fonctionnelles partielles

$$I'_n = H\left(z, I'_u, \frac{dz}{ds}\right), \tag{1}$$

H étant une fonction qu'on obtient en éliminant [3] $\frac{dz}{dn}$ entre les deux équations

$$I'_u = -\frac{\partial}{\partial\left(\frac{dz}{dn}\right)},$$

$$I'_n + \frac{dz}{dn} I'_u + f = 0.$$

(1) Cf. Hadamard, *Leçons sur le calcul des variations*, p. 163 et suiv.

(2) Volterra, *Rendic. Lincei*, t. 6, p. 127; Fréchet, *Annali di Math.*, 3e série, t. 11, p. 187.

(3) Cf. Lévy, *Leçons d'analyse fonctionnelle*, p. 439.

Posons $\varphi = -\dfrac{\partial f}{\partial\left(\dfrac{dz}{dn}\right)}$; φ est alors la variable conjuguée au sens de M. Prange [1] de la fonction z; les équations canoniques attachées au problème de variation considéré sont

$$dz = -\left(\frac{\partial \overline{\mathrm{H}}}{\partial \varphi}\right) dn,$$

$$d\varphi = -\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial \overline{\mathrm{H}}}{\partial\left(\dfrac{dz}{ds}\right)} dn\right) + \left(k\varphi + \frac{\partial \overline{\mathrm{H}}}{\partial z}\right) dn,$$

$\overline{\mathrm{H}}$ étant la fonction H où I'_u est remplacé par φ. Ces deux équations remplacent l'équation lagrangienne du problème; les différentielles sont prises relativement à un déplacement normal de l'argument sur le contour C, k étant la courbure de C au point considéré.

M. Prange (*loc. cit.*) a déjà remarqué que ce système est identique, aux notations près, à deux des équations des caractéristiques de l'équation (1).

Nous avons pu démontrer que cette identité a lieu quel que soit l'ordre de multiplicité de l'intégrale stationnaire considérée et quel que soit le nombre des fonctions inconnues qui figurent dans f. Le théorème généralise une remarque de Jacobi qui est la clé de l'intégration des équations de la dynamique [2].

M. Lévy a défini ce qu'il faut entendre par intégrale complète de (1). Peut-on tirer parti de la connaissance d'une intégrale complète quelconque de (1) pour l'intégration du système (2), équivalent à l'équation lagrangienne du problème? Voici le théorème que nous avons obtenu et qui est vrai quel que soit l'ordre de multiplicité de l'intégrale et quel que soit le nombre des fonctions inconnues :

Si $\mathrm{I}\,|[\Gamma_0, u_0(s_0);\ \Gamma, u(s)]|$ *est une fonctionnelle dépendant des deux contours* Γ *et* Γ_0 *s'enveloppant sans se couper et de fonctions* $u(s)$ *et* $u_0(s_0)$ *données sur ces contours, les équations*

$$\mathrm{I}'_u = \varphi(s), \qquad \mathrm{I}'_{u_0} = -\varphi_0(s_0)$$

définissent des fonctions z *et* φ *dont les variations normales satisfont aux équa-*

---

(1) *Dissertation de Göttingue*, 1915. Cette relation entre φ et z est la généralisation de la relation entre les paramètres de Lagrange et les variables de Poisson-Hamilton dans le cas des intégrales simples.

(2) Cf. Appell, *Traité de Mécanique*, t. 1, 3e édition, p. 557.

tions (2), *si l'on considère le contour* Γ *comme un contour variable, dont* Γ_0 *pourrait être la position initiale* [1].

La démonstration de ce théorème s'effectue en suivant pas à pas, pour ainsi dire, la marche des idées de la démonstration de Jacobi donnée dans les *Vorlesungen über Dynamik* et en utilisant les résultats de M. P. Lévy.

Ce théorème doit d'ailleurs être confronté avec les théorèmes d'existence des solutions des équations lagrangiennes attachées à $\delta I = 0$ pour que l'on soit assuré d'avoir résolu complètement le problème de variation proposé.

MÉCANIQUE. — *Déformations permanentes à la traction et à la compression.* Note de M. **Malaval**, présentée par M. Mesnager.

Depuis longtemps nombre d'auteurs (Coulomb, Tresca, Duguet, Mesnager) ont attribué les déformations permanentes des métaux à des glissements se produisant dans la masse même du métal.

Si la composante tangentielle intervient seule dans ces glissements, les courbes des résistances par unité de section restante en fonction des déformations seront les mêmes à la traction et à la compression, sous réserve de prendre, comme nous allons voir, une mesure convenable des déformations dans les deux cas.

Considérons deux barreaux arrivés au même degré de résistance unitaire, l'un par traction, l'autre par compression. Augmentons infiniment peu leur résistance; la résistance au glissement devra, dans les deux cas, prendre la même valeur; les glissements supplémentaires devront donc être les mêmes, c'est-à-dire que la nouvelle déformation unitaire infiniment petite $\frac{dL}{L}$ sera la même. Si nous considérons non plus des glissements élémentaires, mais l'ensemble des glissements successivement produits par des forces croissantes, il nous faut prendre pour mesure de la déformation

$$\int_{L_0}^{L_1} \frac{dL}{L},$$

---

(1) S'il y avait, dans f, n fonctions inconnues $z_1 \ldots z_n$, et que $\varphi_1 \ldots \varphi_n$ fussent leurs variables conjuguées, ce seraient les équations $I'_{u_i} = \varphi_i(s)$, $I'_{u_{i0}} = -\varphi_{i0}(s_0)$ qui remplaceraient les équations (2), l'intégrale complète ayant la forme

$$I \,|\, [\Gamma_0,\, u_{10}(s_0)_1 \ldots u_{n0}(s_0);\quad \Gamma,\, u_1(s) \ldots u_n(s)] \,|.$$

c'est-à-dire le logarithme du rapport de la longueur finale à la longueur initiale $\operatorname{Log}\frac{L_1}{L_0}$.

Si nous voulons avoir des mesures positives de la déformation à la compression, nous prendrons dans ce dernier cas la valeur $\operatorname{Log}\frac{H_0}{H_1}$ ou le logarithme du rapport de la hauteur initiale à la hauteur finale.

Il est commode, pour se rapprocher de la mesure habituelle des déformations, de prendre les rapports mêmes $\frac{L_1}{L_0}$, $\frac{H_0}{H_1}$ ou, mieux, ces valeurs diminuées d'une unité, soit $\frac{L_1 - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L_0}{L_0}$ à la traction et $\frac{H_0 - H_1}{H_1} = \frac{\Delta H_0}{H_1}$ à la compression.

Ainsi, dans le cas de la traction, la déformation, c'est-à-dire l'accroissement de longueur, doit être rapportée à la longueur initiale; dans le cas de la compression, la variation de hauteur doit être rapportée à la hauteur finale; ces deux valeurs peuvent croître indéfiniment.

Résultats expérimentaux. — Nous avons effectué en 1912 des essais comparatifs sur des éprouvettes de traction et de compression, prélevées dans un même élément d'acier mi-dur, recuit après forgeage, puis trempé et revenu. Les diagrammes établis ont présenté la même allure avec un léger écart correspondant à une résistance légèrement supérieure à la compression (¹).

L'écart entre les deux diagrammes paraissait pouvoir être attribué, au moins en partie, à l'influence du frottement sur les bases de l'éprouvette de compression. On s'est proposé de rechercher si, en éliminant l'influence du frottement, ces diagrammes ne coïncideraient pas d'une manière plus satisfaisante.

Nous avons, à cet effet, effectué en 1920 des expériences de déformations par compression hydraulique circonférentielle.

Dans ces derniers essais la composante tangentielle et la composante normale sont, pour une même pression d'application, les mêmes qu'à la compression ordinaire. Mais les frottements sur les bases sont remplacés par les frottements aux joints.

Les premiers vont constamment en augmentant à la fois par suite de l'accroissement de pression et par suite de l'augmentation de surface.

(¹) En 1914, M. Brillouin, comparant les résultats obtenus avec du cuivre pur recuit, d'un côté par M. Vieille à la compression, d'un autre côté par M. Bouasse à la traction, concluait à la concordance des résultats.

Les seconds au contraire n'augmentant que du fait de l'accroissement de pression, on peut déterminer leur valeur approximative par suspension de poids et l'on constate que leur effet par unité de section va en diminuant notablement quand la pression augmente.

Nous avons pu reprendre sur du cuivre pur recuit toutes ces expériences dans les meilleures conditions de précision avec la collaboration de MM. Ménard et Geoffray; les conclusions sont les suivantes :

1° Entre les diagrammes, de traction et de compression ordinaires, il existe un écart qui ne dépasse pas 7 pour 100 sur les charges et qui est certainement dû, au moins partiellement, au frottement sur les bases; l'effet de ces frottements est en particulier mis en évidence par l'examen micrographique des éprouvettes de compression.

2° Les résultats obtenus par compression hydraulique circonférentielle, corrigés des frottements aux joints, coïncident avec ceux de la traction.

Conclusion. — On peut admettre que, tout au moins pour le cuivre pur recuit, le seul facteur de la déformation permanente à la traction ou à la compression est la composante tangentielle et que l'écrouissage dépend uniquement de la valeur du glissement, non des circonstances dans lesquelles il se produit.

La déformation est indépendante de la pression du milieu ambiant; en effet, l'application d'une pression uniforme a pour effet de modifier uniquement la composante normale en l'augmentant d'une quantité égale à la valeur de la pression en ce point.

Cette conclusion est extrêmement importante pour l'étude des déformations permanentes, comme nous allons le voir.

Considérons un métal soumis à trois tensions principales A, B, C, rangées par ordre de valeur algébrique décroissante. Appliquons au milieu ambiant une tension uniforme de valeur $-$ B. Nous sommes ramenés au cas de deux tensions de signes contraires $A - B$, $C - B$.

L'étude générale des déformations permanentes se ramène donc au cas de deux forces de signes contraires, traction et compression, agissant suivant deux directions rectangulaires.

Observations de M. **Mesnager** *à propos de la Note précédente.*

La précédente Note de M. Malaval confirme expérimentalement, d'une façon précise, la loi que j'avais énoncée au Congrès International des

Méthodes d'essai à Paris en 1900, en utilisant des recherches de MM. Galy-Aché et Charbonnier (Dunod, t. I, p. 164) :

« Si l'on construit les courbes qui expriment la relation entre l'écrouissage et les allongements, en prenant pour abscisses les logarithmes népériens (ou autres) de $1 + \lambda'$, les courbes obtenues à l'extension et à la compression sont superposables. »

Il résulte d'expériences que j'ai fait faire dans les années suivantes, que l'accroissement de l'écrouissage n'est pas le même quand on applique successivement des efforts de sens contraire. La résistance croît alors moins vite que dans le cas précédent. Un effort de sens opposé paraît détruire en partie l'effet du premier.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Dispositif aérodynamique d'essais de moteurs.* Note de M. **P. Dumanois**, présentée par M. Rateau.

Parmi les caractéristiques les plus intéressantes à déterminer dans l'étude d'un moteur à explosion, résident celles relatives à la variation du couple moteur en fonction du nombre de tours pour une même ouverture de carburateur. La courbe correspondante est communément appelée *courbe de puissance*. Pour déterminer cette courbe, il est donc nécessaire d'accoupler avec le moteur un couple résistant que l'on puisse faire varier.

La détermination de ce couple se fait, en règle générale, par des procédés qui sont dérivés du frein de Prony. Le couple résistant s'obtient simplement en transformant la puissance du moteur en réaction de frottement soit électrique, soit hydraulique, soit aérodynamique, et l'on mesure le couple statique qui fait équilibre au couple dynamique.

Parmi ces différents procédés, l'emploi des réactions hydrauliques (frein Froude) et l'emploi des réactions électromagnétiques (dynamo dynamométrique) permet d'obtenir une courbe de puissance d'une façon continue en faisant varier, avec celui-ci, les résistances sur lesquelles débite la dynamo, avec celui-là, l'inclinaison des aubages.

Lorsqu'on utilise les réactions aérodynamiques on se sert du moulinet Renard constitué par deux pales symétriques dont les plans sont parallèles à l'axe de rotation du moteur. Celui-ci est monté sur un banc-balance permettant la pesée du couple.

Ce dispositif, qui est évidemment le plus simple, a l'inconvénient de ne permettre de tracer la courbe que par points.

Quand on a, en effet, obtenu une valeur de la puissance, pour un moulinet donné, il faut arrêter le moteur et remplacer le moulinet pur un autre plus ou moins résistant pour obtenir un nouveau point. Ceci n'est pas sans entraîner des inconvénients au point de vue de la perte de temps et de main-d'œuvre et même de la comparaison des résultats obtenus.

Il nous a paru utile de rechercher s'il n'était pas possible, avec un moulinet unique, en évitant la complication mécanique de pales orientables, de pouvoir tracer la courbe de puissance de façon continue et sans arrêter le moteur.

Si l'on examine le mode d'action du moulinet, en tant que machine réceptrice, on s'aperçoit qu'il intervient pour donner une certaine quantité de mouvement à la masse d'air environnante.

Si donc on peut faire varier cette masse d'air, on pourra faire varier le couple résistant. Partant de cette idée, nous avons étudié un dispositif dans lequel ce principe est réalisé. C'est ainsi qu'avec un moteur de 12 chevaux, il a été possible, avec un unique moulinet, d'obtenir une variation du nombre de tours comprise entre 950 et 1470 par minute, ce qui est largement suffisant pour les conditions pratiques d'emploi.

La construction des appareils et les essais ont été effectués par mon collaborateur M. Poincaré. Le moulinet est contenu dans un tambour cylindrique fermé par deux parois planes. La paroi opposée au moteur comporte des volets rayonnants qui s'ouvrent autour d'un rayon du tambour quand les volets sont ouverts; le moulinet est presque à l'air libre, puisque les parois verticales n'existent pour ainsi dire plus et que seul le cylindre qui limite extérieurement le tambour subsiste.

L'expérience a montré qu'en laissant la face arrière fermée, mais en faisant varier l'ouverture des volets de la face avant, on passait de 950 tours, tambour ouvert, à 1470 tours, tambour fermé. Ce résultat est d'autant plus intéressant que la disposition adoptée permet d'employer des moulinets d'un diamètre différent dans un même tambour, c'est-à-dire permet d'essayer des moteurs de puissances différentes.

Il suffit en effet que les pales soient à peu près ajustées en largeur. Le jeu laissé entre les pales et le tambour était de 1^{cm} environ de chaque côté, alors qu'entre l'extrémité de la pale et le cylindre limitant extérieurement le tambour, il restait 25^{cm} environ disponibles.

Note à propos de la Communication précédente, par M. **Rateau.**

Le dispositif indiqué par M. Dumanois serait plus commode que le frein Froude qui exige de l'eau. Il est basé sur un principe analogue à celui que j'avais employé moi-même naguère pour l'essai des turbines à vapeur et qui m'avait servi à mesurer l'équivalent mécanique de la calorie avec une très puissante machine de 800 chevaux ([1]). Mon frein était constitué par une pompe centrifuge débitant en grande partie sur elle-même et dont on faisait varier le débit, en vue de faire varier le couple résistant, à l'aide d'un tiroir circulaire équilibré.

M. Dumanois fait varier le débit de son frein à air à l'aide de volets, ce qui procure le même résultat.

La substitution de l'air à l'eau permet des simplifications, mais conduit à des dimensions bien plus grandes, quoique encore acceptables. Ainsi, je calcule que, pour absorber la puissance d'un moteur de 400 chevaux tournant à 1600 tours par minute, ce qui est courant aujourd'hui, il faudrait donner à la roue mobile du frein à air un diamètre de $1^{m},40$ au moins, donnant lieu à une vitesse périphérique de 117^{m} par seconde. C'est bien admissible.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'unicité des mouvements glissants.* Note de M. **A. Weinstein**, présentée par M. Hadamard.

Je me propose d'étudier le problème de *l'unicité* du mouvement plan *discontinu* de l'écoulement permanent d'un *jet* de fluide parfait par l'orifice d'un vase à parois fixes données, en ne considérant que les mouvements analysés par M. Cisotti ([2]) où le fluide suit les parois pour ne les quitter qu'à l'orifice ([3]). Une réponse à cette question, intéressante par elle-même, pourrait être importante pour l'étude par la méthode de continuité du problème d'existence d'un mouvement à parois données. La difficulté

([1]) *Bulletin de l'Association technique maritime*, 1909. Le chiffre trouvé est compris entre 426,85 et 427,11

([2]) *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, t. 25, 1908, p. 145.

([3]) Les exemples de mouvements discontinus formés par M. Thiry (*Annales de l'École Normale*, 1921, p. 229) montrent la nécessité de mentionner explicitement cette hypothèse.

d'obtenir un résultat sur l'unicité provient du fait qu'il ne s'agit pas ici de la représentation conforme d'un domaine donné sur un autre.

Je suppose que le mouvement, situé dans le plan $z = x + iy$, est *symétrique* par rapport à l'axe des x. Fixons les unités de manière à avoir un jet de section égale à π à l'infini, tandis que la vitesse ait une valeur absolue égale à 1 le long des frontières libres. Désignons par φ et ψ le potentiel et la fonction de courant. On peut alors établir une représentation conforme faisant correspondre au champ du mouvement une bande indéfinie B comprise entre les droites $\psi = \frac{\pi}{2}$ et $\psi = -\frac{\pi}{2}$ du plan $f = \varphi + i\psi$, l'axe des x ayant pour image l'axe des φ. On a $\left|\frac{df}{dz}\right| = 1$ sur les frontières libres. M. Cisotti introduit (d'après le procédé de M. Levi-Cività) au lieu de B, un demi-cercle de rayon 1 situé dans un plan $\zeta = \zeta + i\eta$, le segment réel $-1 \leqq \zeta \leqq 1$ correspondant aux deux lignes libres du mouvement et il donne l'intégrale générale du problème.

Cela étant rappelé, je peux énoncer le résultat suivant : Il n'existe pas dans le problème du jet de mouvement *infiniment voisin* s'appuyant sur les mêmes parois solides et ayant le même coefficient de contraction que le mouvement donné, à condition que l'angle θ de la direction du courant donné avec l'axe des x satisfasse à *l'inégalité*

$$(1) \qquad \left|\frac{\partial\theta(\zeta, \eta)}{\partial\zeta}\right| < \frac{2}{\pi} \qquad (-1 \leqq \zeta \leqq 1, \eta = 0).$$

La condition (1) exprime une restriction pour la courbure c des frontières libres, mais ne signifie nullement que c — qui est égal à $\left[\frac{\partial\theta}{\partial\varphi}\right]_{\psi=\pm\frac{\pi}{2}}$ — doit rester bornée : au contraire c devient infinie aux points de raccord du jet avec les parois fixes. M. Cissotti a donné d'importantes solutions particulières correspondant à des parois polygonales. On peut, pour ce genre de solutions, remplacer l'inégalité (1) par une condition très simple où n'intervient que la forme des parois solides données.

On obtient ces résultats en considérant la variation δf de f en fonction de f lui-même dans la moitié supérieure $B_+ (\psi \geqq 0)$ de B. Les conditions aux limites pour cette variation se réduisent aux conditions suivantes où ne figure que la partie imaginaire $\delta\psi$ de δf :

$$(a) \qquad \frac{\partial(\delta\psi)}{\partial n} = -\frac{\partial\theta}{\partial\varphi}\,\delta\psi$$

sur le segment de la droite $\psi = \frac{\pi}{2}$ correspondant à la frontière libre supérieure,

$$(b) \qquad \delta\psi = 0$$

sur le reste de la frontière de B_+ (n signifie la normale intérieure par rapport à B_+).

Les conditions (a) et (b) sont d'un type bien connu. Mais on ne peut pas leur appliquer directement les méthodes classiques pour conclure que la fonction harmonique $\delta\psi$ est identiquement nulle. Cela tient à ce que la fonction $\frac{\partial\theta}{\partial\varphi}$ est toujours *positive* ou nulle, et de plus non bornée. Par un changement de variables et par une application de l'inégalité de Schwarz, j'ai démontré que $\delta\psi$ est nul, la condition (1) étant toutefois supposée remplie.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les séries autologues appartenant aux problèmes de deux et trois corps.* Note de M. **Charles Bohlin**, présentée par M. Deslandres.

Ainsi que je me suis efforcé de le montrer, il y a lieu, dans plusieurs questions de Mathématiques pures, d'appliquer les séries dites autologues, jouissant de la propriété que les dénominateurs de chaque terme de la série sont donnés, en introduisant, dans l'expression du numérateur correspondant, une certaine valeur constante de l'argument u de la fonction. C'est ainsi qu'on pourra former les racines des équations algébriques, réduites à leur forme *libre*, et en particulier de l'équation de cinquième degré [1] réduite à la forme

$$\eta^5 + \frac{5}{u^3}\eta = \frac{1}{u^5} - 27,$$

en appliquant une série de la forme

$$(1) \qquad E = P_{(0} + p''' P_{(0)} + p'''^2 P_{(2)} + \ldots,$$

où $p''' = p_1 p_2 p_3$, et, de plus, les quantités $P_{(r)}$ sont composées d'expressions

[1] *Archives de Mathématiques, etc.*, Académie des Sciences, Stockholm, t. 16, n° 4.

autologues

$$\frac{p'(m, n)}{\overline{p}(m, n)}$$

acquérant la valeur de l'*unité* pour $\frac{1}{u^5} = 27$.

La manière propre de transformer de telles séries en des séries trigonométriques, d'usage approprié aux problèmes de la Dynamique et de la Mécanique céleste, doit avoir été reconnue d'autre part. Je me permets d'y insister ici encore, avec peu de mots. En effet, pour le cas d'un seul argument — soit $2u$ — la transformation de la série (1) devant avoir lieu en la forme

$$(2) \qquad E = \frac{1}{2} - \frac{\cos 2u}{\operatorname{ch} a} + \frac{\cos 4u}{\operatorname{ch} 2a} - \ldots,$$

on s'aperçoit tout de suite que, si l'on doit avoir [1]

$$E = 0 \qquad \text{pour} \qquad 2u = ia,$$

cela ne se fait pas maintenant, comme au cas algébrique, en prenant

$$+1 - 1 + 1 + 1 + \ldots = 0,$$

mais en supposant, au contraire,

$$+1 - 1 + 1 - 1 + \ldots = \frac{1}{2}.$$

Substituant dans l'expression (2)

$$\operatorname{ch} a = \frac{e^a + e^{-a}}{2},$$

et en mettant

$$q = e^{-a},$$

on obtient

$$(3) \qquad 2E = 1 - \frac{4q}{1+q^2}\cos 2u + \frac{4q^2}{1+q^4}\cos 4u - \ldots$$

Employant une notation que je me permets de proposer, on aura ainsi

$$2E = e(u),$$

où l'on a

$$e(u) = \frac{2K}{\pi} \frac{k'}{\Delta am \frac{2K}{\pi} u}.$$

---

(1) Consulter : Ch. Hermite, *Théorie des fonctions elliptiques* (*Œuvres* publiées par Émile Picard, t. 2, p. 137).

Nous voici par cela amenés à une solution du problème de deux corps, auquel la série (2) appartient en premier lieu, à l'aide des fonctions doublement périodiques. En réalité cette solution est la même que celle trouvée autrefois par H. Gyldén [1] et obtenue maintenant d'une manière différente, en formant la série (2) comme cas particulier d'une série autologue à *trois* arguments, qui a été envisagée au premier abord par rapport au problème des trois corps. J'aurai l'occasion de revenir prochainement, avec plus de détails, sur cette question [2].

Je tire, du manuscrit dont il s'agit, encore la remarque suivante :

Supposez que, pour les deux rayons vecteurs du problème des trois corps, des expressions telles que

$$(4)\qquad \begin{cases} 2E_0\sqrt{\dfrac{r}{a}} = \dfrac{1}{2} - \dfrac{\lambda\cos u + \mu\cos v + \nu\,\mathrm{ch}\,\delta}{\lambda\,\mathrm{ch}\,a + \mu\,\mathrm{ch}\,b + \nu\cos H} + \ldots, \\ 2E_1\sqrt{\dfrac{r'}{a'}} = \dfrac{1}{2} - \dfrac{\lambda'\cos u' + \mu'\cos v' + \nu'\,\mathrm{ch}\,2\delta}{\lambda'\,\mathrm{ch}\,a' + \mu'\,\mathrm{ch}\,b' + \nu'\cos 2H} + \ldots \end{cases}$$

ont lieu, où H est l'angle commun formé par r et r'. Il s'agit essentiellement de la détermination des coefficients ν et ν'. En écrivant le potentiel

$$U = K^2\left[\frac{mm_1}{\Delta_1} + \frac{mm_2}{\Delta_2} - \frac{m(m_1+m_2)}{r'}\right]$$

sous la forme

$$U = K^2\frac{m(m_1+m_2)}{r'}\left(\frac{m_1}{m_1+m_2}\frac{r'}{\Delta_1} + \frac{m_2}{m_1+m_2}\frac{r'}{\Delta_2} - 1\right),$$

on peut par cela concevoir cette fonction U, caractéristique des mouvements, résolue en deux facteurs, savoir

$$U = \rho.\sigma,$$

où l'on aura

$$\rho = \sqrt{c}\,\frac{a}{a'}\,\frac{k^2}{K\sqrt{a}}\,\frac{m}{M}\,\frac{a'}{r'},$$

$$\sigma = \sqrt{c}\left(\frac{a}{a'}\right)^2\frac{k'^2}{K\sqrt{a'}}\left[\frac{m_1}{m_1+m_2}\frac{r'}{\Delta_1} + \frac{m_2}{m_1+m_2}\frac{r'}{\Delta_2} - 1\right].$$

Cela étant, il conviendra aux conditions du problème des trois corps de prendre

$$(5)\qquad \begin{cases} \nu = \nu_0\,\rho, \\ \nu' = \nu'_0\,\sigma. \end{cases}$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 88, 1879, p. 850 et 953.

[2] *Archives de Mathématiques, etc.*, Académie des Sciences, Stockholm, t. 18, n° 29.

Car, par exemple, pour $\Delta_1 = \Delta_2 = r'$, cas où le mouvement de r' devient purement elliptique, on obtient ainsi

$$\nu' = 0.$$

La série (4) se réduit par cela, en adoptant de plus la valeur de $\mu' = 0$, à la série (2) appropriée, ainsi que nous l'avons vu, au problème de deux corps. Les circonstances sont analogues par rapport au rayon vecteur r.

Cette répartition du potentiel U par rapport aux deux rayons vecteurs r, r' respectivement paraît, en effet, appropriée, d'une manière singulière, à l'analyse poursuivie du problème des trois corps, d'après la méthode de réduction au centre de gravité *binaire*, due à Jacobi [1]. Les développements ultérieurs, auxquels on se trouve amené par suite de cette remarque, seront exposés dans le Mémoire signalé ci-dessus, dont la publication est prochaine.

ASTRONOMIE. — *Sur une expression simple de l'accélération de Mercure dans le cas du problème des deux corps, avec prise en considération du mouvement du périhélie de la planète.* Note de M. **Ernest Pasquier.**

Dans ces derniers temps, les *Comptes rendus* ont publié diverses Communications ayant le même objet que la Note actuelle; celle-ci se base sur les notions les plus élémentaires de mécanique analytique.

J'appelle J l'accélération, par rapport au solide stellaire, de la planète que je considère, Mercure par exemple.

Pour trouver J, on peut introduire un système de comparaison mobile et désigner par j, j', j'' respectivement l'accélération relative, l'accélération d'entraînement et l'accélération complémentaire.

Entre ces quatre accélérations existe la relation géométrique

$$J = j + j' + j''. \tag{1}$$

On aura J si, grâce à un choix convenable du solide mobile, on sait déterminer j, j', j''.

Ce système de comparaison mobile, que j'appelle $Sxyz$, est défini comme suit : S est le centre du Soleil, considéré comme fixe, Sxy est le plan de

[1] *Sur l'élimination des nœuds dans le problème des trois corps* (*Journal de Liouville*, 1re série, t. 9; *Crelle*, t. 26, 1843; voir aussi les *Œuvres complètes* de Jacobi).

l'orbite planétaire, Sz est perpendiculaire à ce plan. Le solide $Sxyz$ est supposé animé, par rapport au solide stellaire, d'un mouvement de rotation uniforme autour de Sz; ce mouvement a le sens direct et la vitesse angulaire correspondante est appelée ω. L'accélération d'entraînement j' se réduit ici à sa composante normale $\omega^2 r$.

La vitesse angulaire ω est prise égale à la vitesse angulaire $\frac{d\varpi}{dt}$ qui correspond au mouvement du périhélie. La valeur de ω $\left(\text{ou de } \frac{d\varpi}{dt}\right)$ est aisée à calculer puisque l'on sait que le déplacement séculaire de ce périhélie est d'environ $40''$.

J'adopte, ainsi qu'on le fait habituellement en astronomie, le jour solaire moyen comme unité de temps et la distance moyenne de la Terre au Soleil comme unité de longueur. Avec ces unités, la distance moyenne du Soleil à Mercure est égale à 0,387 et la vitesse angulaire ω est très petite; j' qui égale $\omega^2 r$ est donc tout à fait négligeable.

A propos de l'accélération complémentaire j'', on se rappellera qu'elle est à la fois perpendiculaire à l'axe instantané de la rotation ω et à la vitesse relative v, et qu'elle a pour grandeur $2\omega v \sin(\omega, v)$.

Dans le cas particulier actuellement en cause, l'axe instantané se confond toujours avec l'axe Oz, qui est perpendiculaire au plan de l'orbite; par suite j'', qui est perpendiculaire à v, se trouve aussi dans ce plan et a pour valeur

$$j'' = 2\omega v. \tag{2}$$

C'est une première forme sous laquelle on peut mettre j''.

Mais, vu le mouvement dont est animé, par rapport au solide stellaire, le système mobile $Sxyz$, le mouvement de la planète par rapport à ce système mobile lui-même est évidemment celui qui satisfait à la loi newtonienne.

La vitesse relative v qui intervient dans la relation (2) satisfait donc à cette loi, de sorte qu'on peut écrire

$$v = \sqrt{f\mathrm{M}\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)},$$

où f est la constante de Gauss, M la masse du Soleil et a le demi-grand axe de l'ellipse képlérienne. Il en résulte que

$$'' = 2\frac{d\varpi}{dt}\sqrt{f\mathrm{M}\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}. \tag{3}$$

C'est une deuxième forme sous laquelle on peut mettre j''.

Le motif pour lequel la vitesse relative v satisfait à la loi newtonienne permet de conclure que l'accélération relative j satisfait à la même loi; par suite

$$j = \frac{fM}{r^2} \tag{4}$$

et est dirigé vers le centre du Soleil.

Puisque $j' = 0$ et que l'on connaît j et j'' en grandeur, direction et sens, on connaît aussi J en grandeur, direction et sens. Suivant que l'on adopte pour j'' la formule (2) ou la formule (3), on a définitivement pour J

$$J = \frac{fM}{r^2} + 2v\frac{d\varpi}{dt} \tag{5}$$

ou

$$J = \frac{fM}{r^2} + 2\frac{d\varpi}{dt}\sqrt{fM\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}. \tag{5 bis}$$

PHYSIQUE. — *Relation entre le module d'Young et le rapport de la densité à la masse atomique.* Note [1] de M. **Thadée Peczalski.**

Considérons un cube d'une substance solide. La force dF appliquée à deux faces opposées de ce cube produit un allongement dl des arêtes parallèles à la direction de la force. De la définition de module d'Young E, on a

$$dF = E\,dl. \tag{1}$$

Supposons que la substance est composée des particules toutes identiques entre elles, ces particules étant distribuées à l'intérieur de la masse de la substance suivant les sommets des cubes dont les arêtes ont une longueur r. A l'intérieur de la substance existeraient donc des couches de particules, couches et particules distantes de r. Soit n le nombre des particules dans un centimètre cube. D'après l'hypothèse ci-dessus,

$$\left\{\begin{aligned} r^3 n &= 1^{\text{cm}^3}, \\ r\sqrt[3]{n} &= 1^{\text{cm}}, \\ \sqrt[3]{n}\,dr &= dl. \end{aligned}\right. \tag{2}$$

Nombre des particules dans une couche : $\sqrt[3]{n^2}$. Nombre de couches : $\sqrt[3]{n}$.

Pendant la traction une couche exerce sur une particule de la couche

(1) Séance du 8 janvier 1923.

suivante une force proportionnelle au nombre des particules qu'elle contient, c'est-à-dire à $\sqrt[3]{n^2}$, sur toutes les particules de la couche la plus approchée de la première elle exerce une force proportionnelle à $\sqrt[3]{n^2} \times \sqrt[3]{n^2} = \sqrt[3]{n^4}$.

r étant très petit, l'action de la couche considérée se rapporte non seulement à la couche voisine mais aussi aux autres couches. La force qui résulte de toutes ces actions est proportionnelle au nombre des couches dans l'unité de longueur, c'est-à-dire à $\sqrt[3]{n}$. D'autre part, toutes les autres couches exercent sur la première une force qui aussi est proportionnelle à $\sqrt[3]{n}$. La force résultante des actions de toutes les couches sur la couche considérée est donc proportionnelle à $\sqrt[3]{n^2}$.

Somme toute, la force df développée par le déplacement de dr, d'une couche, est proportionnelle à $\sqrt[3]{n^4} \times \sqrt[3]{n^2} = n^2$ et aussi df est proportionnelle à dr.

Déplaçant de dr toutes les couches, on produit la force dF, somme de toutes les forces df; $dF = \sqrt[3]{n}\, df$.

D'après les raisonnements précédents et les formules (1) et (2) on a

$$dF = \sqrt[3]{n}\, df = A n^2\, dr . \sqrt[3]{n} = A n^2\, dl = E\, dl,$$

A est un coefficient fixe.

D'où

$$E = A n^2, \tag{3}$$

n peut être calculé en supposant que chaque particule possède la masse d'un atome. N atomes possédant la masse M (masse atomique de la substance), le nombre n atomes contenus dans 1^{cm^3} de masse δ (densité) est

$$n = N\left(\frac{\delta}{M}\right). \tag{4}$$

L'équation (3) s'écrit donc

$$E = B\left(\frac{\delta}{M}\right)^2, \tag{5}$$

B étant une nouvelle constante.

Donnant à B la valeur 8.10^5, on calcule en unités kg : mm² :

Substance.	$E.10^{-3}$ (calculé).	$E.10^{-3}$ (mesuré).
Al	7,1	6,3-7,5
Ag	7,58	6-8
Cd	4,74	5-7
Mg	4,1	4-4,2
Ni	17,5	20-22
Au	7,64	7-9,5
Pd	10	10-11,5
Pb	2,4	1,5-1,7
Zn	9,5	8-13

On peut étendre l'application de la formule (5) au cas des substances formées des composés chimiques en prenant pour M

$$M = \frac{k_1 M_1 + k_2 M_2 + \ldots}{k_1 + k_2 + \ldots}, \tag{6}$$

M_1, M_2, ... étant des masses atomiques des éléments et k_1, k_2, ... nombre d'atomes de chaque élément dans la molécule.

On calcule par exemple pour NaCl, $M = 34,25$ et $E = 4,4.10^3$ avec la valeur du coefficient B la même qu'auparavant. La valeur expérimentale de E est $4,2.10^3$. Comme on voit, même dans ce cas, la formule (5) permet de calculer approximativement le module d'Young.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Fluides superficiels. Extension illimitée de l'acide oléique*. Note de M. A. Marcelin, présentée par M. G. Urbain.

Dans trois Notes précédentes (¹), j'ai précisé la notion de « pression superficielle » qu'exerce dans son plan une couche monomoléculaire d'acide oléique étendue sur l'eau. J'ai mis en évidence la « pression de saturation » caractéristique de l'équilibre entre le fluide superficiel, probablement monomoléculaire (phase à deux dimensions) et la matière condensée (phase à trois dimensions : disques lenticulaires).

Étudiant la détente d'une couche saturée, j'avais constaté que la « pression superficielle », d'abord fixe, commençait à décroître aussitôt après la disparition complète des globules, puis tentait très progressivement vers

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 38 et 79; t. 175, 1922, p. 346.

zéro, la courbe $p=f(S)$ ne présentant pas la moindre apparence d'une discontinuité ou d'un seuil; j'avais été amené à la conclusion suivante :

Il n'y a pas plus de limite à l'extension superficielle de l'acide oléique, qu'il n'y a de limite à l'expansion d'un gaz; un appareil suffisamment sensible permettrait certainement de mesurer la pression superficielle pour une extension de la matière supérieure à celle qui correspond à la juxtaposition des molécules sur la surface de l'eau.

Des expériences récentes m'ont permis de vérifier cette affirmation.

Description de l'appareil. — Un fil d'argent vertical (diamètre $0^{mm},2$, longueur 15^{cm}) porte un bras horizontal constitué par une paille; par l'intermédiaire de deux aiguilles verticales fixées à l'une de ses extrémités la paille est rendue solidaire d'une bande de mica paraffinée (longueur $20^{cm},4$, largeur 1^{cm}) qui flotte à plat sur la surface de l'eau.

L'eau est contenue dans une cuve en zinc, spécialement construite, dont les bords sont constitués par deux bandes ployées en forme d'arcs de cercles de 37^{cm} et 16^{cm} de rayons, centrées sur le fil, et par deux bandes rectilignes convergentes vers le fil et formant entre elles un angle de 40°.

La bande de mica, sans toucher les bords de la cuve, constitue une barrière mobile qui partage la surface en deux parties; sur l'une est déposé l'acide oléique; l'autre est essuyée aussi soigneusement que possible; *la séparation est suffisamment étanche pour les fluides dilués;* la torsion du fil mesure la pression de l'acide oléique.

Bien que les mesures soient en cours d'exécution et que des perfectionnements des appareils soient envisagés, je puis dès maintenant donner quelques résultats :

Pour faciliter le langage, attribuons arbitrairement la valeur $S=1$ à la surface qu'occupe une quantité déterminée d'acide oléique qu'on rassemble en soufflant légèrement suivant la technique exposée par M. Devaux [1]. Cette surface, bien que ne correspondant à aucune discontinuité sur la courbe $p=f(S)$, est pratiquement assez bien déterminée car la pression de l'acide oléique croissant rapidement en fonction de la réduction de la surface, celle-ci varie fort peu quand on souffle plus ou moins fort pour rassembler les molécules d'acide oléique.

Pour une surface dix fois supérieure à celle qu'occupent les molécules rassemblées par le souffle : $S=10$, une pression superficielle est déjà décelable.

Pour $S=4$, la pression devient mesurable; elle est de l'ordre de 0,05 dyne par centimètre lorsque S reste compris entre 4 et 2,5.

---

[1] On sait que cette surface est à peu près égale à la surface qu'occuperaient les molécules si elles étaient sphériques et juxtaposées sur la surface.

Depuis $S = 2,5$ jusqu'à $S = 1$ la pression croît régulièrement et de plus en plus vite; elle atteint 0,5 dyne environ pour $S = 1$, et nous savons qu'elle continue à croître jusqu'à ce qu'elle ait atteint la valeur de saturation $p = 30$ dynes pour $S = 0,5$.

Il était à prévoir que les molécules d'acide oléique éparpillées sur la surface de l'eau devaient être animées d'une vive agitation, et qu'une pression superficielle devait en résulter; nous avons une image agrandie de cette agitation dans le mouvement brownien à deux dimensions, observé et cinématographié par M. J. Perrin, mouvement dont sont animées des sphérules liquides sur la tache noire d'une bulle de savon.

Nous avions comparé le fluide superficiel saturé à une vapeur (vapeur saturante en équilibre avec la phase condensée et vapeur sèche). Nous pouvons penser que nous venons d'aborder l'étude d'un gaz superficiel.

L'acide oléique à la surface de l'eau se trouve dans un état particulier intermédiaire entre l'état libre et l'état dissous; les molécules flottantes d'acide oléique sont vraisemblablement, suivant l'ingénieuse conception de M. Langmuir, liées à la surface par l'affinité du groupement COOH, affinité insuffisante pour les incorporer avec l'eau.

Si l'on admet ce rapprochement entre les solutions et les couches monomoléculaires d'acide oléique, on pourra donner à ces dernières le nom de « dissolutions superficielles » et dire que la bandelette de mica joue le rôle d'une paroi semi-perméable; peut-être n'avons-nous jamais eu à notre disposition de méthode aussi souple et aussi directe pour aborder l'étude expérimentale des pressions osmotiques.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'aspect des raies de flamme, d'arc et d'étincelle dans les spectres d'arc des métaux, dans le vide.* Note de M. **St. Procopiu**, présentée par M. A. de Gramont.

L'objet de ce travail est d'exposer les différents aspects que présentent les raies des spectres d'arc dans le vide, ces aspects pouvant jeter quelque lumière sur le mécanisme de l'émission.

Le dispositif expérimental est celui indiqué dans une Note précédente [1]. Voici les principaux résultats auxquels je suis arrivé :

1. *Les raies de flamme* (raies de Watteville), de notation $1S - 1P$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 385.

et $1\,S - 1\,p_2$, s'étendent, également élargies, sur toute la longueur de l'arc, quelles que soient la pression sous laquelle jaillit l'arc, et l'intensité du courant. Les raies de notation $1\,S - 1\,P$ sont légèrement plus larges à l'anode (où la température doit être plus haute); et aux basses pressions elles ne sont pas renversées, bien que dans le spectre de l'arc dans l'air elles présentent de magnifiques renversements.

2. *Les raies d'arc*, des deux séries secondaires, ont un aspect très différent à l'anode et à la cathode. A la cathode les raies présentent une partie courte, intense, élargie, continuée latéralement par des ailes, notamment pour la série diffuse; ensuite vient un rétrécissement d'intensité nulle ou très faible; et enfin la partie anodique longue, faible et étroite.

Cet aspect est caractéristique pour les métaux de poids atomique élevé, Cd et Zn; il l'est moins pour Ca, Mg, Al. *Le rapport de l'élargissement cathodique à l'élargissement anodique*, *pour les termes d'une série*, *est d'autant plus grand que la raie considérée est d'un ordre plus élevé.* C'est-à-dire que la partie anodique d'une raie est presque égale à la partie cathodique, si la raie constitue le premier terme d'une série, et elle est presque nulle si la raie constitue un terme d'ordre élevé.

Lorsqu'on diminue la pression (entre 40^{mm} à 1^{mm}) ou qu'on augmente l'intensité du courant, la partie anodique des derniers termes devient plus intense, le rapport des élargissements des deux électrodes tendant vers l'unité; en même temps la partie élargie négative s'étend vers la partie positive.

L'élargissement cathodique, caractéristique des raies d'arc pour des pressions d'environ de 15^{mm} à 1^{mm}, et visible à l'œil sur les clichés comme des lentilles auprès de la ligne de la cathode, paraît être dû à la présence, au voisinage de la cathode, d'un plus grand nombre de particules qui émettent les raies d'arc. Lorsque la pression devient basse, vers 1^{mm}, la région avec de nombreuses particules émettrices s'étend loin vers l'anode.

Or, d'après Gouy ([1]), plus le nombre de particules est grand, plus la raie émise apparaît large (par un phénomène d'absorption).

Une autre hypothèse vraisemblable serait que l'élargissement soit dû à l'existence d'un champ électrique intermoléculaire (effet Stark-Lo Surdo).

Voici quelques faits qui conduisent à considérer que *l'effet Gouy* est la cause principale de l'élargissement cathodique :

1° Les raies d'arc, dans le vide, sont renversées, à la cathode principalement.

([1]) G. Gouy, *Journal de Physique*, t. 9, 1880, p. 26.

2° La partie la plus large du renflement cathodique correspond à l'endroit où finit la partie élargie des raies d'étincelle; et comme ces dernières sont attribuées à l'ion positif, on a le plus faible champ électrique intermoléculaire au point où elles finissent. Or, justement à cet endroit se trouve le plus grand nombre d'ions neutralisés, qui peuvent continuer à émettre, comme atomes, les raies d'arc.

3° Les métaux, qui existent en faible quantité, comme impuretés, émettent toujours des raies étroites et à bords nets.

4° Certains métaux, comme Al et Mg, présentent des raies d'étincelle, fortes à l'anode, sans que toutefois les raies d'arc changent d'aspect.

3. *Les raies d'étincelle* commencent brusquement à la cathode, formant une partie cathodique intense plus courte que celle correspondante des raies d'arc. Le reste de la raie est faible et étroit. Ces raies ne se continuent généralement pas au delà des électrodes, sauf les raies de la série principale (comme $\lambda 2144$ et $\lambda 2265$ du Cd^+), qui se comportent comme des raies de flammes.

Une troisième catégorie de raies d'étincelle, comme $\lambda 4912$ et $\lambda 4924$ du Zn^+, apparaissent fortes à la cathode, sur une distance d'environ 1^{mm}, pour un arc de 8^{mm} à 10^{mm}, et ne se continuent plus sur la longueur de l'arc, pas même comme traces; ce qui me fait supposer qu'elles appartiennent à un état plus avancé d'ionisation.

Ce que j'ai dit de l'aspect des raies d'étincelle est valable pour Cd, Zn, Hg, C. Mais les métaux oxydables, comme Al et même Mg, présentent des raies d'étincelle avec deux parties élargies, l'une cathodique, l'autre anodique; et dans le cas de Al, cette dernière est de beaucoup la plus intense. Le renversement des raies d'étincelle de Al se révèle d'ailleurs à l'anode.

Le fait, que les raies d'étincelle de Al sont plus fortes à l'électrode positive, me paraît dû à l'existence d'une couche d'oxyde à la surface du métal. Cet oxyde pourrait augmenter la chute du potentiel à l'anode, ou, par échauffement, envoyer vers la cathode des ions positifs, qui sont capables d'émettre les raies d'étincelle.

4. Voici quelques expériences qui montrent qu'*une couche d'oxyde peut jouer un rôle certain dans l'émission des raies d'étincelle :*

J'ai introduit sur l'anode d'un métal de la première catégorie, Zn ou Cd, un oxyde, ZnO, ou un sel, $ZnCl^2$, CdI^2, sels connus comme émettant des ions positifs par échauffement; et dans tous ces cas, dans l'arc dans le vide, j'ai constaté que les raies d'étincelle du Zn et du Cd apparaissent fortes à l'anode, comme pour Al. A l'endroit du raccord, au milieu de l'arc, des

parties cathodique et anodique de la raie d'étincelle, celle-ci paraît tordue, les deux parties étant décalées l'une par rapport à l'aûtre.

Les mêmes choses peuvent être constatées pour les spectres d'arc entre charbons avec $ZnCl^2$ [1].

5. *Les bandes* du métal, comme λ 4491 et λ 4298 du Cd, sont développées au *milieu de l'arc*, pour un courant faible; elles s'étendent au milieu et à l'anode pour un courant intense.

A l'anode apparaissent aussi, dans le vide, les bandes de l'azote et de la vapeur d'eau [2].

De ce qui précède, il résulte que les raies de flamme sont émises par des particules existant en égale quantité dans toute la masse de l'arc : ce sont des raies de température [3]; les raies d'arc sont émises par des particules plus nombreuses au voisinage de la cathode qu'à la cathode elle-même; et les raies d'étincelle proviennent des particules au voisinage immédiat de la cathode ou partant de l'anode dans le cas des métaux oxydables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un phénomène observé lors de l'essai de traction d'alliages en cours de transformation.* Note de MM. **Albert Portevin** et **François Le Chatelier**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Au cours d'une étude sur les alliages légers d'aluminium trempés, nous avons observé le phénomène suivant. En cassant par traction, soit des éprouvettes cylindriques prélevées dans des barres filées, soit des éprouvettes plates prélevées dans des tôles, l'effort, au lieu de croître d'une manière continue, progresse par oscillations répétées, dont l'amplitude peut atteindre 4 pour 100 de la charge totale, et dont la fréquence est de quelques oscil-

---

(1) C'est avec l'arc dans le vide, entre charbons avec $ZnCl^2$, ou entre électrodes de Zn chargées de $ZnCl^2$, que j'ai obtenu un renversement net des raies λ2502 et λ2558 du Zn^+ qui, dans la Note précédente, étaient données comme présentant un renversement diffus.

(2) MM. Fabry et Buisson (*Journal de Physique*, t. 9, 1910, p. 929) avaient déjà constaté que la flamme négative de l'arc au Fe dans le vide émet les raies du métal, et la flamme positive les bandes du gaz ambiant.

(3) Voir les recherches de A. S. King, *sur les variations de la raie* λ 4227 *du* Ca *avec la température et avec la densité de vapeur métallique* (*Astroph. J.*, t. 28, 1908, p. 389, et t. 9, 1909, p. 381).

lations par seconde [1]. La courbe efforts-allongements, enregistrée par la machine, présente l'aspect donné par les figures 1 et 2. L'amplitude des



Fig. 1. — Courbe de traction d'une éprouvette cylindrique (diamètre = 13mm,8) en alliage Al-Cu-Mn. Abscisses : allongements (échelle : 27mm = 10 %); ordonnées : efforts (échelle : 30mm = 10 kg : mm²).

oscillations croît avec la charge jusqu'au maximum de la courbe moyenne. La vitesse de mise en charge correspondait à un allongement de 8 pour 100 par minute.

En même temps apparaissent, à la surface des éprouvettes plates, des lignes de glissement connues sous le nom de lignes de Piobert, de Hartmann ou de Lüders. Ces lignes sont inclinées de 60° à 70° sur la direction de l'effort; elles appartiennent à deux séries conjuguées, symétriques par rapport à l'axe de l'éprouvette; chaque oscillation de la charge paraît

---

(1) M. André Le Chatelier avait déjà observé un phénomène semblable dans l'essai de traction des aciers aux températures comprises entre 80° et 250°; il l'avait attribué à un changement d'état du métal provoqué par la déformation mécanique (*Revue de Métallurgie*, t. 6, 1909, p. 914).

correspondre au déclenchement d'une série de glissements qui se propagent comme un train d'ondes d'un bout à l'autre de l'éprouvette. L'arrivée de



Fig. 2. — Courbe de traction d'une éprouvette plate (section = 20 × 2mm) en alliage Al-Cu-Mg-Mn. Abscisses : allongements (échelle : 10mm = 10 °/o); ordonnées : efforts (échelle : 10mm = 5 kg : mm²).

chaque train d'ondes est accompagnée d'un petit bruit sec, parfois perceptible à plusieurs mètres de distance.

Généralement, tous les trains d'ondes successifs sont parallèles entre eux. L'apparition de la première ligne conjuguée de ceux-ci crée la striction et détermine la rupture.

Les essais ont été faits avec une machine de traction Amsler. L'inertie du pendule du manomètre influe probablement sur le tracé du diagramme, soit en modifiant la forme des oscillations, soit en réglant la fréquence par résonance. Ce phénomène n'a été observé cependant sur aucun autre des alliages essayé avec cette même machine.

L'intérêt principal de ce phénomène est de ne se produire que dans les alliages en cours de transformation.

On sait que les alliages trempants riches en aluminium, du type Al-Mg^2Si, ou du type Al-Al^2Cu, ou du type Al-Mg^2Si-Al^2Cu (duralumins industriels) avec ou sans addition d'autres métaux (Mn, Zn, etc.), subissent après trempe un revenu progressif à une température voisine de la température ambiante. Ce revenu se traduit par un accroissement de la charge de rupture R et de la dureté Δ, durcissement attribué à la précipitation des constituants Mg^2Si et Al^2Cu maintenus en solution solide sursaturée par la trempe.

Le phénomène décrit atteint son maximum d'amplitude immédiatement après trempe. Les oscillations sont d'autant plus faibles et commencent après une déformation permanente d'autant plus grande que le revenu a été plus prolongé. Elles disparaissent quand la transformation est terminée. Un recuit d'adoucissement les fait réapparaître.

La courbe 1 a été obtenue avec un alliage du type sans magnésium : Cu = 4,5 pour 100; Mn = 0,8 pour 100 ([1]). Cet alliage donne, immédiatement après trempe, R = 32 kg : mm² et, après durcissement, R = 45 kg : mm².

La courbe 2 a été obtenue avec un alliage contenant du magnésium (Cu = 4,8 pour 100; Mn = 0,6 pour 100; Mg = 0,5 pour 100; Si = 0,3 pour 100) donnant, après trempe, R = 33 kg : mm² et, après durcissement, R = 54 kg : mm².

Ainsi ce phénomène a été observé sur les alliages des deux types, avec et sans magnésium; il paraît donc lié à la transformation, accompagnée de durcissement, qui s'opère après trempe. A cet égard, il constitue un réactif permettant de reconnaître l'état d'avancement de la transformation pendant le revenu.

On peut enfin noter que l'apparition des lignes de Piobert accompagne, d'après Karman, la présence d'un maximum de la courbe déformation-charge. Ici, on a une série de maxima fréquemment répétés marquant chacun l'achèvement d'un groupe de lignes de Piobert.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la chaleur sur les kaolins, les argiles, etc. Les poteries noires.* Note de M. **A. Bigot**, présentée par M. Haller.

On désigne, sous ce nom, des poteries imprégnées de matières charbonneuses et fabriquées ordinairement avec des argiles communes. On peut les diviser en deux catégories bien distinctes :

1° Poteries noires, ayant perdu à la cuisson leur eau de constitution et dont M. Le Chatelier a fait une étude indiquant les conditions dans lesquelles se fixent les matières charbonneuses ([2]).

2° Les poteries noires, qui ont conservé leur eau de constitution et qui,

([1]) C'est une des compositions expérimentées déjà par Rosenhain et Lantsberry dans leur étude sur les alliages Al-Cu-Mn (Neuvième rapport au Comité des Alliages; *Inst. Mech. Engin.*, janvier 1910).

([2]) *Comptes rendus*, t. 121, 1895, p. 386.

par conséquent, ont été cuites à une température inférieure à 600°. Ce sont ces dernières poteries qui font l'objet de la présente étude.

Cette seconde catégorie de poteries noires comprend un très grand nombre de variétés; nous les diviserons en deux séries :

Les poteries noires faites à la main, au colombin, sans l'intervention du tour de potier.

Les poteries noires faites sur le tour de potier.

En 1910, un savant archéologue de Joyeuse (Ardèche), le Dr Jullien, nous fit parvenir des débris de poterie noire découverts par lui dans les grottes des Bouchets (Ardèche) et dont la fabrication remonte à environ 2500 ans avant l'ère chrétienne; il y trouva un vase à peu près entier placé au fond de la grotte et destiné à recueillir l'eau tombant de la voûte.

Nous en avons étudié un fragment. Il était noir fauve, sa porosité était très faible (absorption, 3 pour 100 d'eau); il était constitué par une matière fine mélangée de grains assez gros de calcite; chauffé en tube ouvert, il dégageait de l'eau accompagnée de matières goudronneuses et d'une odeur analogue à celle qui se produit dans la calcination du bois. A 800° la perte de poids totale était de 15 pour 100; la calcite était transformée en chaux vive, et la matière prenait la teinte de la terre cuite. Après chauffage à 800°, la chaux, au contact de l'eau, se délitait en foisonnant.

Ces poteries, après séchage, étaient empilées le long des parois d'un rocher, recouvertes de branchages et de mousses, auxquelles on mettait le feu en évitant l'air en excès; la cuisson se faisait comme celle du charbon de bois dans les forêts.

Ce procédé de fabrication antique subsiste dans la plus grande partie de l'Afrique : chez les Bassoutos, les poteries sont faites au colombin par les négresses. Comme le combustible est rare, on se sert de bouse de vache desséchée; les matières goudronneuses qui se dégagent de la combustion imprègnent l'argile qui devient noire.

Nous avons chauffé en tube ouvert, un morceau de poterie noire hottentote; il se dégage de l'eau, des goudrons et une odeur de musc.

Les poteries noires Étrusques qui se déshydratent à la calcination constituent la deuxième série; elles ont été faites au tour de potier et témoignent d'un art très avancé.

Les premières analyses de ces poteries ont été faites en 1841 par de Marignac et publiées par Brongniart dans son Ouvrage sur les Arts céramiques; dans toutes les analyses, de Marignac a trouvé de l'eau et du charbon.

M. Pottier, l'éminent conservateur du Musée du Louvre, nous a remis quelques échantillons de poteries Étrusques, que nous avons soumis à l'analyse : sous le n° 1, nous donnons une analyse faite par de Marignac et, sous le n° 2, une analyse faite par nous.

	N° 1.	N° 2.
Silice	63,00	49,80
Alumine	14,44	12,35
Oxyde de fer	7,75	7,20
Chaux	2,98	11,80
Magnésie	1,83	2,55
Charbon	1,55	1,39
Eau	8,45	7,75
Gaz carbonique	—	7,15

L'échantillon de Marignac ne contient pas de carbonate de chaux; celui de M. Pottier en contient 16,25 pour 100; c'est une argile calcaire.

Chauffé au tube ouvert, il dégage de l'eau et une odeur résineuse. A la température de 700°, il perd plus de 15 pour 100 de son poids et prend une couleur de terre cuite; sa porosité augmente. Nous avons trouvé des indices certains qui démontrent que ces poteries étaient chauffées en vase clos, complètement entourées et remplies d'aiguilles de pin.

Les poteries noires de l'Ardèche, des Bassoutos, des Étrusques ont les mêmes propriétés. Nous avons cherché la cause de leur durcissement : est-elle due à la présence des matières goudronneuses ou à une pectisation partielle des colloïdes contenus dans l'argile qui les constitue?

Nous avons chauffé, à 500° à l'air, un morceau de poterie noire Étrusque; la matière charbonneuse brûle peu à peu et le morceau prend la teinte grise de l'argile primitive qui reste dure et ne se délite pas dans l'eau; donc le durcissement n'est pas dû à la matière goudronneuse.

Nous avons pris un autre fragment de poterie noire Étrusque, nous l'avons réduit en poudre impalpable; nous avons fait, en mouillant cette poudre, deux éprouvettes en pâte molle qui ont été séchées; l'une d'elles a été plongée dans l'eau et s'est délitée immédiatement; l'autre, après chauffage à 450°, est devenue dure et ne se délite plus dans l'eau; une partie des colloïdes qu'elle renfermait encore s'est pectisée ([1]).

Nous pouvons conclure que la fabrication des poteries noires (non déshydratées) est basée sur le phénomène de la pectisation partielle des colloïdes des argiles.

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 91.

Le vase noir de la grotte des Bouchets, resté pendant des siècles à l'humidité, ne s'est pas délité à la longue, tandis qu'une terre cuite, dans ces conditions se serait transformée en argile : nous reviendrons ultérieurement sur cette question où la présence des goudrons dans l'argile joue un rôle important.

Les Étrusques ont également fabriqué des poteries noires bien cuites, déshydratées et ensuite enfumées au four.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation et déshydrogénation de l'huile de ricin et de ses dérivés.* Note (1) de M. **André Brochet**, présentée par M. A. Haller.

La récente Communication de M. Mailhe sur la décomposition catalytique de l'huile de ricin (2) m'engage à présenter les quelques résultats suivants. Lors de mes premières recherches sur l'hydrogénation des liquides, j'avais été amené à faire quelques essais sur l'hydrogénation des corps gras. La bibliographie comportait alors comme documents uniquement des textes de brevets; ce qui ressortait de la plupart, c'est que l'opération devait être faite sous pression et à une température dépassant 150° et même 200°.

Mes premiers essais portèrent sur l'huile de ricin additionnée de 10 pour 100 de nickel actif que je m'étais proposé d'hydrogéner à 150°. Je constatai le fait suivant : La pression, qui était de 11^{atm}, tomba en quelques minutes à 8^{atm}, puis remonta et j'observai une série d'oscillations du manomètre conformément au Tableau ci-dessous :

Durée.		
m s	atm	°
0. 0	11	140
4.25	8	»
5.45	$11\frac{1}{4}$	»
7. 0	$9\frac{1}{2}$	»
10. 0	11	160
0. 0	9	»
24. 0	$11\frac{1}{4}$	160

Le liquide tiède, coulé dans une capsule, dégageait en abondance de l'hydrogène dissous par le nickel sous l'influence de la pression. Le liquide avait le même indice d'iode que l'huile primitive : 86.

(1) Séance du 12 février 1923.

(2) A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 35.

Pensant que ces anomalies tenaient à la température et non au catalyseur, je refis une expérience dans les mêmes conditions, mais en commençant à la température ambiante et en chauffant progressivement.

La pression était au début de 11^{atm}. Il n'y eut aucune action jusqu'à 65°. L'absorption commença alors et sa vitesse alla en augmentant au fur et à mesure que la température s'élevait, celle-ci fut maintenue à 112°-114° jusqu'à saturation complète de l'huile, ce qui demanda environ 90 minutes. L'hydrogène absorbé correspondait sensiblement à la théorie. Après refroidissement l'appareil renfermait une masse solide présentant l'apparence de l'ébonite. Par filtration, le catalyseur fut séparé de l'hydro-huile dont le point de fusion était de 86° et l'indice d'iode de 2. Les conditions de fabrication de ce produit venaient d'être signalées par les brevets de Wilbuschewitsch et de Markel et Crosfield.

J'ai, dès cette époque, fait les remarques suivantes :

1° L'hydrogénation marche très bien avec une quantité plus faible de catalyseur (1 pour 100), mais il n'y a pas de proportionnalité entre la quantité de nickel et la vitesse d'hydrogénation.

2° Le catalyseur, conservé dans l'hydro-huile de ricin, avait au bout de 15 mois perdu toute activité, tandis qu'un catalyseur analogue conservé dans l'eau, avait encore son activité presque intégrale, vis-à-vis de l'indigo, après plus de 12 mois [1].

3° Le catalyseur noyé dans l'eau filtrée, séché, puis noyé dans l'huile, est moins actif que le catalyseur frais noyé dans l'huile directement, du fait de son agglomération [2].

Le ricinoléate de méthyle préparé par la méthode de M. Haller (Eb. 225°-227° sous 15^{mm}) s'hydrogène de la même façon que l'huile de ricin et absorbe vers 100°-105°, sous une dizaine d'atmosphères, en moins d'une heure, la quantité théorique d'hydrogène.

En se rapportant à la formule définitive de l'acide ricinoléique [3] le produit obtenu est le λ-oxystéarate de méthyle, il fond à 55° et correspond à l'acide λ-oxystéarique ou acide 12-octodécanoloïque :

$$CH^3(CH^2)^5CH(OH)(CH^2)^{10}COOH$$

fondant à 81° et excessivement peu soluble dans l'alcool et l'éther.

---

(1) A. Brochet, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 150, 1915, p. 124.
(2) A. Brochet, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1075.
(3) A. Haller, A. Brochet, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 496.

Il était vraisemblable d'admettre que les oscillations de pression observées dans la première opération devaient être dues à une série d'hydrogénations et de déshydrogénations successives, ce qu'il a été facile de vérifier. En chauffant dans un tube à essai, le mélange d'hydro-huile avec son catalyseur on constate que le liquide mousse et qu'il se dégage de l'hydrogène en abondance. Un essai a été fait sur 30^g dans un ballon de Wurtz. La fusion du produit, très mauvais conducteur de la chaleur, demande un certain temps. Elle doit être faite au bain-marie, sinon la surchauffe, au contact des parois, occasionne un dégagement gazeux avant que tout le produit ne soit fondu. En chauffant ensuite à feu nu, avec un thermomètre plongeant dans le liquide, j'ai constaté que le dégagement gazeux commence vers 150° et ai obtenu les volumes suivants :

150°-220°	70 cm³
220-270	75
270-280	550
380-300	250
300-315	200
315-330	50

On voit donc que pour un écart de chauffe de plus de 100°, la moitié du gaz a été libérée entre 270° et 280°.

Le gaz dégagé est de l'hydrogène. La première portion s'enflamme difficilement en raison de l'air entraîné contenu primitivement dans l'appareil. Les autres portions brûlent très bien, quelquefois la flamme est éclairante sur les bords, d'une façon insignifiante. Certaines portions ont une odeur rappelant les carbures éthyléniques ou plutôt les dérivés octyliques qui se forment dans la distillation sèche de l'huile de ricin. En tout cas, il n'y a d'absorption sensible, ni par l'eau de brome, ni par la potasse caustique. Pendant la pyrogénation, il se dégage constamment, mais surtout à la fin, une petite quantité de vapeur d'eau.

Le produit obtenu finalement ne correspond pas à l'huile primitive, il est solide, mou, fond à 74° et a un indice d'iode de 20. D'ailleurs, tandis que l'huile de ricin absorbe par gramme environ 70$^{cm^3}$ d'hydrogène, la quantité de gaz dégagée par chauffage de l'hydro-huile n'a été que de 40$^{cm^3}$ par gramme environ. Il existe donc un certain désaccord entre le volume d'hydrogène dégagé et la valeur de l'indice d'iode. J'ai constaté que d'autres hydro-huiles obtenues avec certains corps gras donnaient une réaction analogue. Je n'ai pas poussé de recherches dans cette voie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydratation des dialcoyléthinylcarbinols et la préparation de méthylcétones α hydroxylées.* Note de MM. **René Locquin** et **Sung Wouseng**, présentée par M. A. Haller.

La (3)-méthyl butanol-(3)-one-(2) : $(CH^3)^2 = C(OH) - CO - CH^3$, premier terme de la série des méthylcétones α hydroxylées du type général

$$RR'.C(OH) - CO - CH^3$$

est actuellement le seul représentant connu de cette série. Elle a été obtenue par différents auteurs et en particulier récemment par Scheibler et A. Fischer ([1]) qui l'ont préparée par hydratation du diméthyléthinylcarbinol

$$(CH^3)^2 = C(OH) - C \equiv CH$$

au moyen des sels de mercure.

Nous venons d'avoir connaissance de la publication de ces deux derniers auteurs et c'est pourquoi nous ne voulons pas différer plus longtemps l'exposé des résultats que nous avons obtenus en soumettant à la même réaction classique des sels de mercure divers dialcoyléthinylcarbinols du type général $RR'.C(OH) - C \equiv CH$ dont nous avons décrit antérieurement le mode de préparation ([2]).

Nous avons reconnu que ces alcools tertiaires acétyléniques s'hydratent avec la plus grande facilité sous l'action d'une solution de sulfate acide de mercure et conduisent ainsi normalement aux méthylcétones α hydroxylées correspondantes du type général $RR'.C(OH) - CO - CH^3$.

La transformation est même tellement vive qu'elle se déclare brusquement dès que la température s'élève au-dessus de celle de la chambre et que, si l'on n'y prend garde, la majeure partie du produit peut être projetée hors du ballon en même temps qu'il se forme d'abondants goudrons.

Le mode opératoire suivant évite tout ennui, et permet, quand on dispose des alcools acétyléniques fondamentaux, de préparer les oxycétones correspondantes avec une surprenante rapidité et avec des rendements quantitatifs :

Le dialcoyléthinylcarbinol est agité, dans un ballon qu'on refroidit sous un courant d'eau, avec environ 4 fois son poids d'une solution contenant 200^g d'acide sulfurique concentré et 30^g d'oxyde de mercure pour 1^l d'eau (réactif de Denigès). Il se produit immédiatement un abondant précipité blanc qui bientôt se fluidifie, formant

---

([1]) *Berichte D. ch. G.*, 16 septembre 1922, p. 2903.

([2]) R. Locquin et Sung Wouseng, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1427.

ainsi une couche huileuse plus ou moins dense. On verse le tout dans un décanteur et l'on sépare rapidement cette couche huileuse qu'on met momentanément de côté dans un vase entouré d'eau glacée. Quant à la solution aqueuse acide, on la chauffe dans un ballon surmonté d'un réfrigérant à reflux et d'un entonnoir à robinet. Quand elle entre en ébullition, on lui ajoute goutte à goutte la couche huileuse précédemment séparée en évitant que cette dernière ne se réchauffe dans l'entonnoir à robinet. Chaque goutte en tombant produit le bruit que produirait une goutte d'acide sulfurique concentré. La chaleur dégagée par la réaction serait suffisante pour entretenir l'ébullition, mais il est plus prudent de ne pas retirer complètement le feu pour éviter que celle-ci ne s'arrête et ne reparte trop violemment ensuite. Dès que la dernière goutte est ajoutée, on peut considérer l'opération comme terminée, car l'hydratation est immédiate et s'accompagne d'un dépôt de mercure finement divisé, plus ou moins émulsionné. On n'a plus qu'à soumettre la masse à l'action d'un courant de vapeur d'eau qui entraîne l'α-oxycétone formée qu'on isole et rectifie.

Quand il s'agit de composés difficilement volatils à cause de leur poids moléculaire élevé, on se débarrasse de la bouillie mercurielle par un lavage avec de l'acide chlorhydrique en solution suffisamment concentrée et légèrement tiède, puis on extrait à l'éther.

C'est ainsi qu'en partant : 1° du diéthyléthinylcarbinol; 2° du dipropyléthinylcarbinol; 3° du méthyltertbutyléthinylcarbinol; 4° du méthylnonyléthinylcarbinol et enfin 5° de l'éthinyl (1)-cyclohexanol (1), qui dérive lui-même de la cyclohexanone et qui bout à 74°-76° sous 15^{mm}, nous avons respectivement :

1° L'*éthyl*-(3)-*pentanol*-(3)-*one*-(2) : $(C^2H^5)^2C(OH) - CO - CH^3$ ($Éb_{13^{mm}}$, 56°-57° et 163°-165° à pression ordinaire; D_4^{11}, 0,9353; N_{11}^D, 1,4303; R_m obs., 35,91; calc., 36,06) qui donne une oxime ($Éb_{13}$, 116°-118°), une semi-carbazone (P. F., 155°-156°) et un acétate ($Éb_{12}$, 87°-90°); la semicarbazone de cet acétate fond à 145°-146°.

2° La *propyl*-(3)-*hexanol*-(3)-*one*-(2) : $(C^3H^7)^2C(OH) - CO - CH^3$ ($Éb_{14}$, 86°-88° et 195° à pression ordinaire; D_4^{11}, 0,9124; N_{11}^D, 1,4343; R_m obs., 45,12; calc., 45,29) qui donne une oxime ($Éb_{11}$, 134°-135° et P. F., 67°), une semicarbazone (P. F. 163°) et un acétate ($Éb_{13}$, 107°-109°).

3° La *tert.butyl*-(3)-*butanol*-(3)-*one*-(2) : $(CH^3)^3C - C(CH^3)(OH) - CO - CH^3$ ($Éb_{14}$, 70°-72° et 177° à pression ordinaire; D_4^{11}, 0,9388; N_{11}^D, 1,4442; R_m obs., 40,74; calc., 40,68) qui donne un oxime ($Éb_{12}$, 124°; P. F., 67°-68°) et une semicarbazone fondant à 193°-194°.

4° La *nonyl*-(3)-*butanol*-(3)-*one*-(2) : $C^9H^{19} - C(CH^3)(OH) - CO - CH^3$ ($Éb_{12}$, 146°-147°; D_4^{11}, 0,8941; N_{11}^D, 1,4472; R_m obs., 63,95; calc., 63,76) dont la semicarbazone fond à 131°-132°.

5° L'*acétyl*-(1)-*cyclohexanol*-(1) : $C^5H^8 - C(OH) - CO - CH^3$ ($Éb_{11}$, 91°; D_4^{11}, 1,1033; N_{11}^D, 1,4726; R_m obs., 38,49; calc., 38,48) donnant une oxime ($Éb_{11}$, 146°-147°; P. F., 94°-95°) et une semicarbazone (P. F., 217° sur le mercure).

Toutes les oxycétones ci-dessus mentionnées se présentent sous l'aspect de liquides incolores et mobiles. Leur odeur rappelle un peu celle de la cétone prise comme point de départ dans la préparation du dialcoyléthinylcar-

binol dont elles dérivent. L'hypochlorite de soude les scinde en chloroforme et acide α hydroxylé. Leurs constantes réfractométriques et surtout leurs différents dérivés établissent nettement l'existence des deux fonctions alcoolique et cétonique sous leur forme normale. Cependant, en raison de leur voisinage, ces deux fonctions s'influencent mutuellement et leur capacité réactionnelle respective est en quelque sorte diminuée. En particulier la fonction alcool-tertiaire ne s'éthérifie qu'avec peine et se déshydrate encore plus difficilement.

Les oxycétones du type en question sont évidemment susceptibles de se prêter à un grand nombre de transformations. Nous n'avons pas cherché à les condenser avec les aldéhydes, mais nous avons déjà soumis la plupart de celles que nous avons eues entre les mains à l'action des agents déshydratants et à l'action des organomagnésiens. Les résultats de ces expériences seront publiés incessamment.

GÉOLOGIE. — *Observations stratigraphiques sur l'Oxfordien et le Lusitanien en certains points de la chaîne Celtibérique (Espagne).* Note de M. **Henry Joly**, présentée par M. Pierre Termier.

Les observations stratigraphiques que j'ai pu recueillir en étudiant la Tectonique de la chaîne Celtibérique me permettent d'ajouter quelques documents nouveaux à ce qui a été publié jusqu'à présent sur la constitution du Jurassique supérieur de cette chaîne de montagnes.

I. — *Oxfordien et Lusitanien. Région d'Albarracin.*

On observe, à Géa de Albarracin, des affleurements des couches oxfordiennes et lusitaniennes qui, d'après M. Dereims, présentent en gros la constitution suivante de haut en bas :

3. Marnes épaisses de 12^m environ, passant aux calcaires rauraciens, et contenant *Trochus impressæ* Quenst., des Ammonites ferrugineuses (*Oppelia*, *Perisphinctes*) et des Ammonites du groupe de *Ochetoceras canaliculatum*.

2. Masses assez puissantes de calcaires souvent blanchâtres avec nombreuses variétés de *Perisphinctes plicatilis* associées à *Ochetoceras canaliculatum* v. Buch., *Oppelia arolica* Oppel, *Perisphinctes lucingensis* E. Favre, et de nombreux Spongiaires indéterminables.

1. Calcaire oolithique de $0^m,50$ avec *Belemnites hastatus* Blainv., et

Phylloceras tortisulcatum D'Orb., et des *Perisphinctes* du groupe de *Backeriae* Sow.

Poursuivant surtout des études tectoniques, le temps m'a manqué pour examiner à fond la faune de ces différentes assises, mais j'ai pu recueillir un certain nombre d'Ammonites calcaires à Géa, dans un lit intéressant à signaler qui se trouve à la partie tout à fait supérieure de l'assise calcaire moyenne, immédiatement en dessous des marnes supérieures à Ammonites pyriteuses. Ce niveau m'a fourni, outre des Spongiaires, des Crinoïdes, des Bélemnites et des Bivalves, les Ammonites suivantes : *Peltoceras Constanti* D'Orb., *Quenstedticeras* sp., *Perisphinctes Fontannesi* Choffat, *Per. Tizianiformis* Choffat, *Per. Tiziani* Opp. var. *occidentalis* Choffat, *Per. janus* Choffat, *Œkotraustes Kobyi* De Loriol, *Hecticoceras* cf. *Salvadorii* Parona et Bonarelli, *Ochetoceras Marantianum* D'Orb., *Oppelia Rollieri* De Loriol, *Opp. inconspicua* De Loriol, *Neumayria* sp.

Cette riche faune présente la particularité de renfermer *Ochetoceras Marantianum* D'Orb. qui annonce par conséquent une des zones supérieures du Lusitanien, celle à *Peltoceras bicristatum*.

Ainsi, en ce point, les couches de Birmensdorf (à *Ochetoceras canaliculatum*) se terminent, à la partie supérieure, par des couches à *Ochetoceras Marantianum* et *Perisphinctes Tiziani* du Lusitanien moyen.

II. — *Extension et constitution du Lusitanien dans la région de la Almunia* (Nord de Calatayud).

Comparant le Jurassique supérieur de la province de Teruel avec celui des régions voisines, M. Dereims constate que, vers le Nord-Ouest, les étages du Jurassique supérieur sont inconnus; cependant, Donayre, en 1874 [1], signalait à Ricla des fossiles de l'Oxfordien.

J'ai été assez heureux pour observer, non loin de Ricla, sur la route de Calatayud à Saragosse entre El Frasno et la Almunia, à la descente de la route, une très bonne coupe du Jurassique supérieur, coupe qui peut d'ailleurs être complétée à 1000^{m} environ au sud de Ricla même. La succession des couches observées est la suivante, du sommet de la route jusque vers le bas de la descente :

8. Schistes siluriens.

---

[1] DONAYRE, *Descr. de la prov. de Saragosse* (*Mem. Com. Mapa geol. de España*, t. 1).

7. Conglomérats tertiaires en discordance sur les schistes siluriens.
6. Traces de marnes bariolées.
5. Calcaires gris et calcaires gréseux à la base.
4. Calcaires marneux passant aux marnes de la base.
3. Argiles lusitaniennes à ammonites pyriteuses.
2. Calcaires et marnes à bancs noduleux (couches à Scyphia).
1. Calcaires gris-noirâtre en gros bancs sans fossiles.

L'assise 4 renferme d'abondants exemplaires de radioles de *Pseudocidaris mammosa* Agass., associés à *Terebratula subsella* Leymerie, espèce indiquant nettement, sinon le Kimméridgien franc, du moins la base du Kimméridgien ou le Séquanien.

L'assise 3 a donné des Ammonites pyriteuses très petites que l'on peut difficilement déterminer : *Macrocephalites Greppini* De Loriol, *Oppelia Rollieri* De Loriol, *Opp. Richei* De Loriol, *Perisphinctes bernensis* De Loriol.

Quant à l'assise 2, sa faune, très riche en Ammonites et en Spongiaires, est nettement celle de Birmensdorf : *Perisphinctes plicatilis* Sow., *Per. lucingensis* E. Favre, *Per. bernensis* De Lor., *Per. janus* Choffat, *Ochetoceras Henrici* D'Orb., *O. hispidum* Oppel, *O. canaliculatum* v. Buch., *Oppelia inconspicua* De Loriol, *Peltoceras athleta* Phillips, *Pelt.* sp., *Hecticoceras* cf. *Salvadorii* Parona et Bonarelli.

La présence, à la Almunia, du Lusitanien tout entier est très nette; le Kimméridgien inférieur peut, lui-même, exister; sa présence serait indiquée par *Terebratula subsella*. Enfin, le passage au Crétacé, avec ou sans lacune, se trouve annoncé, sinon représenté par les marnes bariolées de l'assise 6 de la succession précédente.

Il m'est donc possible d'affirmer que, en Aragon, les mers du Jurassique supérieur étaient beaucoup plus étendues qu'on ne le pensait, et formaient un vaste golfe pénétrant largement vers le Nord-Ouest. Nos observations, relatées ci-dessus, reportent en effet à plus de 100^{km} au Nord la limite d'extension du Jurassique supérieur; les points extrêmes d'affleurements de ce système signalés antérieurement étaient : 1° dans la *Celada grande*, à la *Muela de San Juan* (environs de la source du Tage), à 64^{km} à vol d'oiseau au sud de Calamocha, soit à 128^{km} au sud de la Almunia; 2° à la Sierra Palomera, à 36^{km} au sud-est de Calamocha.

GÉOLOGIE. — *Les grandes nappes provençales de l'Audibergue et du Cheiron (Alpes-Maritimes).* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Antonin Lanquine**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note précédente (¹), nous avons exposé les résultats de nos récentes études sur le prolongement des *duplicatures* provençales au-dessous de la nappe du Cheiron et sur la succession de ces séries jurassiques empilées dans l'énorme fenêtre de la moyenne vallée du Loup. Nous avons montré leur extension dans le versant droit de la vallée du Var, entre le confluent de l'Estéron et les environs de Saint-Jeannet. Dans cette région, en effet, l'érosion du Var met en évidence une coupe transversale continue des successions étudiées sur une longueur de 12^{km} et une hauteur d'environ 60^{m}.

Il importe maintenant de suivre et de préciser la continuité des deux unités tectoniques les plus hautes en se dirigeant vers l'Ouest et le Sud-Ouest, à partir du front de la nappe du Cheiron.

Nappe du Cheiron; partie septentrionale. — Rappelons que la charnière frontale du Cheiron, rencontrée à la traversée du Var, au voisinage du pont Charles-Albert, passe par Gilette, puis se poursuit immédiatement au sud des villages des Ferres et de Conségudes pour aboutir à la belle charnière anticlinale de Végay, nettement tournée au Nord. Elle passe ensuite au Sud du hameau des Sausses et du ruisseau du col des Lattes, comme l'un de nous l'a indiqué (²). Sur toute cette longueur, les calcaires du Jurassique supérieur présentent une parfaite continuité et une constance de déversement au Nord, qui se poursuit sur la feuille de Castellane jusqu'aux environs du Mousteiret (³).

D'ailleurs, à partir du méridien de Végay, le Jurassique de la montagne du Cheiron se divise en deux branches séparées par une dépression synclinale occupée par le Crétacé qui, depuis le Plan du Peiron, se poursuit par Thorenc et La Ferrière jusqu'au delà du Val de Roure.

Un accident secondaire, dû à une répercussion alpine, recourbe les calcaires jurassiques du bord méridional de la digitation nord (montagne de Thorenc, montagne de Bleine) en une charnière anticlinale tournée au Sud

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 399.
(²) Cf. Antonin Lanquine, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1024.
(³) Cf. W. Kilian et Antonin Lanquine, *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 93.

qui entraîne un chevauchement sur le Crétacé. Quant à la digitation méridionale, prolongement direct de la montagne du Cheiron, elle présente une disposition analogue sur son bord sud, au-dessus de Coursegoules, de Gréolières, d'Andon et de Caille. Un fossé crétacé continu se suit depuis les environs de Bezaudun jusqu'à Caille et Séranon, séparant les escarpements jurassiques méridionaux de la nappe du Cheiron, à laquelle ce Crétacé appartient tectoniquement, du front de la nappe de l'Audibergue. Sur cette seconde zone crétacée se montrent quelques îlots alignés de Jurassique qui résultent de complications secondaires probablement en relation avec l'avancée du front de la nappe supérieure vers le Nord. Cette avancée a pu déterminer également la charnière tournée au sud des calcaires jurassiques du Haut Cheiron, disposition accentuée plus tard par les répercussions alpines.

Nappe de l'Audibergue ou nappe supérieure. — La superposition de cette nappe supérieure à la précédente est évidente dans la région du Broc, comme nous l'avons indiqué. Cette unité comprend les hauts plateaux jurassiques qui s'étalent au sud de ce village, puis de Bezaudun, de Coursegoules, de Cipières et, plus à l'ouest, après la traversée de la partie supérieure dirigée N-S des gorges du Loup, jusqu'aux confins des feuilles de Nice et de Castellane.

A l'ouest de Cipières, la montagne du Gros Pounch présente une disposition anticlinale plongeant au Nord et s'enfonçant dans le Cénomanien de la nappe précédente. A Cipières même, une lame jurassique, isolée entre deux bandes crétacées, forme, au-dessous de cette charnière, une sorte d'écaille analogue aux autres lambeaux jurassiques de la haute vallée du Loup.

La nappe supérieure, dont la largeur atteint 8^{km} environ entre le Var et le Loup, se réduit ensuite à l'ouest de ce torrent, montrant simplement de larges ondulations des Calcaires Blancs et de l'Oolithique moyen. Cependant un pli, plus important que les autres, fait apparaître le Trias et le Rhétien, avec ses lignites bien connus, à Vescagne. Cet accident aigu qui présente un chevauchement bien caractérisé vers le Nord et une direction WSW-ENE est donc, nettement, un repli secondaire, pyrénéo-provençal, de la nappe.

Par contre, à la traversée de la vallée du Loup, plusieurs plis dans lesquels apparaissent des axes de Trias gypseux ont une direction NW-SE et un sens de chevauchement vers le SW qui leur donnent nettement un caractère de répercussion alpine. Il en est de même pour un petit chevau-

chement local dans la montagne de Courmettes et pour les replis secondaires bien visibles au nord de Vence.

Le bord méridional de cet important témoin de la nappe supérieure que nous avons déjà vu couronner les séries inférieures sur la rive droite du Var, entre le Broc et Saint-Jeannet, puis jusqu'au-dessus de Tourrette, passe par Courmettes, le village de Courmes et traverse le Loup. Il forme ensuite la falaise jurassique très caractérisée du Collet de Rougiés, de la montagne de Caran, du signal d'Andon. Cet abrupt domine la dépression crétacée de Caussols et de Canaux et atteint la route de Grasse à Castellane à 3^{km} au delà d'Escragnolles.

Nappe du Cheiron; partie méridionale. — Le Crétacé dont il vient d'être question présente les plus grandes analogies avec celui qui existe soit à Thorenc, soit au front de la nappe du Cheiron. C'est effectivement la réapparition, sous le bord méridional de la nappe de l'Audibergue, du Crétacé du Cheiron. Son soubassement jurassique, largement développé à Caussols jusqu'au revers sud du Ferrier, se poursuit à l'Ouest par la montagne de Thiey et au-dessus d'Escragnolles. Ensuite, après une petite dislocation transversale, il s'étale de nouveau dans la montagne de Bliauge, à 4 ou 5^{km} au nord de Mons (sommets cotés 1376 et 1394).

A la traversée du Loup, cette série qui domine au Nord le village de Gourdon vient s'écraser sous la nappe supérieure, en donnant seulement une zone épaisse de broyage intense qui se dirige sur Courmes. Nous avons déjà montré qu'à partir de ce point, dans les régions de Vence, de Saint-Jeannet, jusqu'au Broc, le long de la vallée du Var, la nappe du Cheiron se réduit à une série jurassique inférieure très laminée, partout où la nappe de l'Audibergue la surmonte. Ce n'est qu'au front de cette dernière que la série du Cheiron reprend sa constitution normale. Elle s'y montre superposée, comme sur son bord méridional, à la plus élevée des *nappes enracinées* que nous avons autrefois désignées sous le nom de *duplicatures*.

GÉOLOGIE. — *La structure actuelle des Vosges primaires. Application à l'ensemble des Vosges d'observations faites surtout au nord de la vallée de Villé.* Note de M. **E. Schnæbelé**, présentée par M. Pierre Termier.

L'étude de la structure des Vosges primaires est à peine commencée. On sait que des mouvements tectoniques très anciens ont remanié les Vosges

avant le Dévonien moyen. L'étude du Dévonien permet d'observer la fin de ces mouvements encore pendant la durée du Dévonien moyen. Le plissement postérieur (hercynien), qui est très accentué dans la partie méridionale des Vosges, ne peut pas être suivi sous forme de plis dans le massif granitique du Champ du Feu.

L'hypothèse que les gneiss et les granites au sud de la vallée de Villé ont été pris ensemble dans les plis hercyniens a été récemment émise [1]. La région du Champ du Feu étant dépourvue de gneiss, ce moyen de vérifier l'hypothèse du plissement des granites nous manque. Et aucune autre observation n'a livré dans notre région jusqu'ici des preuves en faveur d'un plissement du granite. Il semble plutôt que, le granite formant arrêt, une première étape du plissement hercynien n'a pas réussi à vaincre ce contrefort granitique, mais qu'il a provoqué un morcellement des massifs en un paquet de blocs plus ou moins parallèles allongés dans la direction N 20-30° W. C'est sur ces cassures, qui traversaient aussi bien les roches éruptives que leur enveloppe métamorphisée de schistes de Steige, qu'un nombre très grand de filons éruptifs furent injectés. D'autres cassures non remplies de matière éruptive jouent le rôle de failles, les plus anciennes qu'on puisse suivre sur le terrain.

On sait que les schistes de Villé sont limités au Sud par un contact tectonique (*Grenzzone* en partie). Dans la direction générale de cet accident alternent les directions N 70-80° E, N 70-80° W, N 30-40° E avec N 20-30° W. Ces mêmes directions se retrouvent au nord des schistes de Villé qui (jusqu'à la limite actuelle de nos levés) ne sont nulle part en contact normal avec les schistes de Steige leur succédant vers le Nord. Ces directions tectoniques coupent quelques filons éruptifs qui traversent les schistes de Steige. Elles sont donc nettement plus jeunes que la direction N 20-30° W et nous représentent la deuxième étape du plissement hercynien, où les plis ont été arrêtés par le contrefort granitique. Plus au Nord, la résonance de ce mouvement brusque se fait sentir, par de nombreuses failles qui ont précisément les trois directions.

Les systèmes énumérés sont coupés par les failles d'une direction moyenne N-S, parallèles aux flancs du fossé rhénan; il s'agit là de failles d'âge tertiaire. Ces failles, suivies en détail, se composent de différentes directions distinctes et alternant les unes avec les autres, telles la direc-

---

[1] Jung, *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 1377.

tion N 20° E, N 20° W et la direction N-S proprement dite, qui est relativement rare. D'autre part, la direction N-S est ancienne et se trouve dans des filons éruptifs; ceci sera à discuter prochainement.

Il était d'usage de considérer le fossé rhénan comme un phénomène limité à une zone relativement étroite. M. Bücking a tracé, en 1917, pour notre région, la dernière cassure vers l'Ouest, le long du granite de Barr-Andlau, s'en allant ensuite vers Willerhof-Kagenfels-Heidenkopf-Urmatt. Nos levés, par contre, ont démontré que cette faille, en réalité, n'est pas une simple droite, mais toute une zone faillée de $1^{km},5$ de large qui se joint à partir du Willerhof à une seconde zone faillée encore bien plus importante que nous appellerons *zone de Hohwald-Neuntestein*. Les deux forment ensemble un large champ de fractures analogue à ceux de Guebwiller ou de Wasselonne-Saverne.

L'alignement tertiaire N-S se compose de plusieurs directions. Il est surprenant qu'on obtienne l'alignement général de ce phénomène prépondérant en combinant la direction N 20-30° W et la direction N 30-40° E, ou les deux directions N 70-80° W et 70-80° E. La nouvelle direction en résulte comme diagonale suivant le parallélogramme des forces. D'ailleurs le levé sur le terrain a donné maint exemple qu'une cassure postérieure se produit suivant la diagonale du parallélogramme de deux directions antérieures. Il faut imaginer que des tensions dans les deux directions anciennes se sont déclenchées d'un coup.

L'étude des collines prévosgiennes recouvertes de sédiments secondaires ou tertiaires nous révèle tout l'ensemble de nos failles; par suite du morcellement du soubassement, ces vieilles directions ont rejoué et rejouent encore dans les mouvements tectoniques. On n'y trouve aucune direction de faille qui ne concorde pas avec le système établi ci-dessus.

Les plissements antédévoniens et dévoniens ne se trahissent qu'à l'étude détaillée d'une série de roches anciennes. L'influence des plissements hercyniens a reparu par l'effet de l'érosion consécutive à l'effondrement de la vallée du Rhin et a déterminé les directions d'un certain nombre de cours d'eau. Mais les traits principaux dans la structure actuelle des Vosges sont des traits tertiaires : non seulement l'abrupt vers les plaines, mais aussi les champs de fractures. Ceux-ci, limités par des bandes allongées de montagnes, donnent aux Vosges un faux aspect de chaîne.

Nous avons classé les phénomènes tectoniques (ou au moins les directions de leurs limites) suivant leur âge. Il est clair que les mouvements transversaux des anciennes époques ont été suivis à partir de l'âge hercy-

nien par des mouvements verticaux qui peu à peu ont pris la prédominance. Appliquons ces résultats à l'ensemble des Vosges.

Les plis des terrains primaires sont antédévoniens, dévoniens et hercyniens. C'est le plissement hercynien surtout qui a causé la direction générale N-E et cela dans l'ensemble des Vosges. Ce que M. Jung désigne dans sa Note par *larges ondulations transversales*, ce sont en réalité les cassures perpendiculaires aux plis anciens. Par contre, tout phénomène (de cassure aussi bien que de broyage, voire les brèches de friction du Muschelkalk, près Truttenhouse) de direction parallèle au fossé rhénan doit forcément être considéré comme phénomène tertiaire, notamment la grande zone de broyage de Sainte-Marie-aux-Mines jusqu'au Collet et au delà. N'est-il pas significatif qu'on tombe sur cette zone en poursuivant la limite ouest du champ de fractures de Neuntestein-Howald vers Villé, à peu près à la même distance de l'abrupt rhénan? Elle est assez large et caractérisée par deux parallèles : la ligne Côte de Sainte-Marie-Col du Bonhomme-Luschbach, et la ligne Col Haïcot-Brézouard-Faurupt-village de Bonhomme. En plus, la zone a les traits d'un champ de fractures : la crête prononcée formant la limite entre deux dépressions et, vers l'Est, suivie de la troisième cassure parallèle et tertiaire (rejetant du grès vosgien) : Aubure-Lapoutroie-Grand-Faudé-Matrelle-Pairis.

Nous sommes donc, contrairement à l'opinion de M. Jung, de l'avis que la forme en S qu'il applique à la structure hercynienne des Vosges est une forme à la fois antédévonienne, dévonienne, hercynienne et, dans la partie médiane, surtout tertiaire. La forme réellement hercynienne semble être un système de plis parallèles, dévié dans le sud des Vosges, mais qui suit aussi dans la partie médiane la direction générale des gneiss, allant du Brézouard à Bergheim, ou la direction des schistes de Villé et de Steige, c'est-à-dire la direction N-E.

ANTHROPOLOGIE. — *Sur la position géologique des ateliers néolithiques de la forêt de Montmorency.* Note de M. **L. Giraux.**

Dans une Note récente [1], M. L. Franchet a signalé la découverte, dans la forêt de Montmorency, de plusieurs ateliers néolithiques campigniens ou précampigniens dans lesquels nous poursuivons des fouilles, en collabo-

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 255.

ration, depuis un an et demi. Cette industrie préhistorique, exclusivement en grès, nous a fourni un outillage tout à fait nouveau, dont M. L. Franchet a donné une description sommaire.

Ayant été amené ainsi à étudier la géologie de la forêt au point de vue qui nous occupe, j'ai pu faire des constatations relatives à la position des ateliers.

La forêt de Montmorency recouvre une butte formée par les terrains tertiaires et dont l'altitude la plus élevée correspond à la cote 195. L'orientation générale est NO-SE. Une dépression profonde ayant exactement la même orientation sépare la forêt en deux parties à peu près égales. La route de Saint-Leu à Chauvry coupe perpendiculairement la forêt et forme la ligne de partage des eaux qui se déversent d'un côté, à l'Ouest, dans l'Oise, et de l'autre côté, à l'Est, dans la Seine.

La coupe géologique de la butte de Montmorency donne la succession suivante : le gypse, les marnes vertes, les marnes à huîtres, les sables de Fontainebleau, les meulières de Montmorency.

L'allure de ces couches est à peu près horizontale dans le sens NO-SE; elles s'inclinent légèrement vers la Seine dans la direction NS; le niveau d'eau est à la base des sables de Fontainebleau, au contact des marnes à huîtres et un certain nombre de sources existent tout autour de la butte, ainsi que sur les pentes de la dépression intérieure.

Les populations néolithiques ont donc trouvé en ce point tous les éléments nécessaires à leur existence : la forêt leur procurait le gibier; deux grands cours d'eau, la Seine et l'Oise, leur permettaient de se livrer à la pêche sans grand déplacement, des sources nombreuses leur donnaient l'eau vive qui leur était nécessaire, la situation élevée de la forêt les mettait à l'abri de toute surprise ou de toute attaque imprévue. Si l'on considère, en outre, que la matière la plus précieuse alors, la pierre, émergeait, sous la forme d'épais bancs de grès, sur les flancs de la butte et leur permettait de pouvoir fabriquer les armes dont ils avaient besoin pour se défendre et pour chasser, ainsi que les instruments qui leur étaient nécessaires, soit pour cultiver la terre, soit pour travailler le bois, on peut en conclure que les hommes s'y fixèrent et que leurs descendants durent y séjourner pendant un temps fort long.

En ce qui concerne la position des ateliers, j'ai tout d'abord étudié la station de la Butte du Prieuré. Cette butte se trouve à la ligne de partage des eaux : c'est en raison de ce fait que ce point a résisté à l'érosion et que les quelques blocs de grès qui se trouvaient à la partie supérieure l'ont

protégé contre la dénudation produite par les eaux pluviales. Ce sont donc ces blocs de grès que les néolithiques ont exploité à la place même où ils étaient restés. L'altitude de la partie supérieure de la butte étant de 190^m, la couche de grès était donc à environ 185^m.

Cette observation est d'autant plus intéressante que l'horizon des sables de Fontainebleau se trouvant compris entre les cotes 150 à 185, les bancs de grès devaient donc se rencontrer à la partie supérieure, c'est-à-dire entre 175^m et 185^m. C'est en partant de ce principe que j'ai entrepris mes premières recherches qui m'ont conduit, en juin 1921, à la découverte d'un atelier situé à l'est de la butte du Prieuré et qui se trouve exactement à la cote 182.

Quant aux ateliers trouvés en 1886 par M. L. Franchet, ils se trouvent à la cote 175 : ce sont ceux situés dans la partie est de la forêt.

Poursuivant nos recherches dans la partie ouest, et toujours en nous basant sur l'altitude des couches, nous avons découvert, près du village de Béthemont, un autre grand atelier dont nous avons, par des sondages, vérifié l'existence sur une longueur de 300^m à 400^m et qui couvre une étendue d'environ deux hectares. Dans le village même, nous avons reconnu la présence de grès taillés, ainsi qu'en plusieurs points sur le flanc du coteau et sur le plateau, notamment à l'extrémité du parc de Béthemont, près de l'angle du mur d'enceinte. A 40^m environ, et sur le rebord du plateau, des tranchées ont été faites pendant la guerre et, dans les terres rejetées pour former les talus, nous avons constaté la présence de nombreux outils taillés, en grès. Cet atelier se trouve exactement à la cote 180.

Enfin M. L. Franchet et moi, avons acquis la certitude, par des sondages répétés, que d'autres ateliers, moins importants il est vrai, existent entre celui de Béthemont et la route de Saint-Leu à Chauvry car, en différents points, et toujours à la même altitude, nous avons constaté la présence d'éclats et de déchets de taille. Dans presque tous ces points, les meulières qui couronnent le plateau ont glissé sur les pentes et ont recouvert les bancs de grès; il est donc nécessaire de faire des sondages à travers cette couche de meulières déplacées pour arriver au niveau des grès qui ont été exploités par les néolithiques.

Conclusions. — Par nos recherches méthodiques, nous avons pu constater : 1° que les néolithiques ont établi leurs ateliers de taille aux points mêmes où affleuraient les bancs de grès sur les pentes des vallées; 2° que ces ateliers existent sur toute la longueur de la forêt depuis Béthemont, à l'Ouest, jusqu'à Piscop et Domont, à l'Est, soit environ sur 8^{km} et qu'ils sont tous situés à une altitude moyenne de 180^m.

BOTANIQUE. — *Sur les rapports existant entre le développement des rouilles du blé et le climat.* Note de M. J. **Beauverie**, présentée par M. L. Mangin.

Il s'agit d'observations comparatives faites en 1921 et 1922 en pleins champs ou au jardin d'étude sans l'aide de la méthode expérimentale qui eût été nécessaire pour leur donner plus de précision. Nous entendons par là les contaminations artificielles par les spores des trois rouilles du blé cultivées sur plantules, les buissons de Berberis, etc., assurant une contamination certaine de tous les pieds. Nous sommes cependant assuré qu'une large contamination fut permise du fait que nous avons constaté la présence des trois rouilles. Ces observations, poursuivies en Limagne et dans notre Jardin sur une cinquantaine de variétés, ne fournissent que des indications et deviendront plus utiles si on les poursuit plusieurs années encore en les comparant avec les diagrammes d'observations météorologiques, et notamment celles qui concernent les précipitations atmosphériques. Cependant, les conditions des années 1921 et 1922 ont été tellement opposées qu'elles peuvent permettre des conclusions intéressantes sur les variations respectives de *Puccinia graminis*, *P. glumarum* et *P. triticina*, suivant les conditions climatériques.

En effet, nous notons, dans les environs de Clermont, durant les quatre décades précédant l'épiage (*période critique*), mai et première décade de juin, les précipitations suivantes :

1921 : $22^{mm},2$, $60^{mm},9$, $65^{mm},6$, $12^{mm},6$ pour la plaine (les chiffres sont plus élevés pour le Plateau et la montagne); ensuite, la *sécheresse est absolue* jusqu'aux moissons;

1922 : $4^{mm},5$, $20^{mm},1$, $0^{mm},43$ pour la plaine (chiffres plus élevés pour la montagne); ensuite, le temps se maintient avec des précipitations fréquentes et assez abondantes.

Or, que voyons-nous au point de vue des rouilles du blé? en 1921, le *P. glumarum* sévit abondamment au début de la végétation, pendant la période humide que nous signalons; ensuite, avec la sécheresse, *P. triticina* se développe et se maintient avec une intensité moyenne jusqu'à la récolte, mais on constate une absence très remarquable de *P. graminis*.

En 1922, *P. glumarum* se manifeste plus faiblement durant la première phase de la végétation, il se maintient ensuite sur les jeunes pousses; *P. triticina* apparaît un peu après lui et se maintient avec une assez faible

intensité; quant au *P. graminis*, il apparaît un peu après les deux précédents, mais, il prend le dessus au fur et à mesure qu'on approche de la récolte.

On peut donc conclure : A. que les rouilles du blé se succèdent dans le temps dans l'ordre suivant de dominance : 1° *P. glumarum*, 2° *P. triticina*, 3° *P. graminis*; B. *P. glumarum* est surtout la rouille de la première phase de la végétation du blé et celle des repousses, *P. triticina* est surtout la rouille des années sèches, *P. graminis* est la rouille des années humides. Comme on sait, cette dernière rouille est de beaucoup la plus fâcheuse au point de vue du rendement, les deux autres ne le sont pas autant, du moins sous nos climats.

Ces conclusions cadrent avec ce qui se passe sous divers climats : dans les contrées sèches des États-Unis c'est *P. triticina* qui domine, tandis que *P. graminis* est rare, mais devient très nuisible quand l'eau météorique le favorise.

Résumons maintenant nos observations sur la sensibilité aux rouilles des diverses variétés que nous avons cultivées. Sans doute, il y aurait eu lieu d'apporter plus de précision dans l'expression de ce caractère, par exemple en notant suivant une cote de 1 à 5 la surface couverte par les taches; cependant nos observations conservent une valeur comparative.

Variétés très résistantes : Kanred CI. 5146, pas de traces de rouilles en 1922. C'est une lignée d'un blé dur d'hiver de Crimée, dans le commerce des États-Unis depuis 1916, recommandée entre toutes les variétés dans les régions à blés durs des États-Unis. Résistant vis-à-vis de certaines formes, il est sensible à d'autres (Stakman, Lévine, Leach et Peineisel); celles-ci manquaient vraisemblablement dans nos cultures. Ce pourrait être un matériel de croisement intéressant. Notons encore : *T. monococcum*, C. Strampelli, Victoria. Quant au *dicoccum*, généralement très résistant, il s'est laissé envahir.

Assez résistantes [1] : Hybride inversable, H. des alliés, H. de la Paix, Dattel, Riéti, Nonette de Lausanne, Poulard d'Auvergne, Rouge de Bordeaux, blé d'Australie, blanc des Flandres, Chiddam d'automne à épis rouges, Altkirch, Marquis, Cosgrave, Soleil Extra-Squarehead (1921, v. de Svalof réputée sensible en Suède).

Sensibles : *T. spelta* (à *P. triticina* seulement), Saumur d'automne, les blés de Svalöf (Fylgia, Pansar, Wilhelmina, Thule, Pansar II, Extra-Squarehead II, Extr.-Sq. III), ils ne subissent, en 1921, que l'invasion tar-

---

[1] Sans ordre de classement.

dive du seul *triticina*, résistance à *glumarum* qui était sur des pieds voisins de blés différents. Extra.-Sq. II et Pansar sont les plus atteints.

Très sensibles : Bordier, Japhet, gros bleus, les poulards dits Taganrock en Auvergne (particulièrement à *P. glumarum* et à *P. triticina*. La qualité de résistance attribuée aux poulards ne se vérifie pas en Auvergne. Il faut admettre qu'il existe dans les différents pays des lignées de Poulards ± résistantes ou bien des races de rouilles ± virulentes ou les deux associées. Les poulards sont résistants en Angleterre (Percival), sensibles au Maroc (Miège) et en Auvergne par exemple; *T. polonicum* (*P. glumarum*, 1921); Kubanca, ce blé dur est cultivé en terres sèches aux États-Unis où il donne de très forts rendements et se signale par sa résistance aux rouilles. Suivant une règle assez générale, ce blé transporté sous climat plus humide a été vivement attaqué (par *P. glumarum* surtout).

Variétés les plus sensibles : Noë, Poulard d'Australie (*P. glumarum* surtout), Bon fermier : le contraste de deux champs contigus de Bon fermier et de H. inversable est très frappant.

On constate nettement, dans certains cas, des différences de sensibilité de lignées pédigrées de ces variétés. Nous aurons l'occasion de faire de nombreuses observations à ce sujet les années suivantes.

Nous avons, en résumé, essayé d'établir dans cette Note : 1° les rapports des trois grandes rouilles du blé et du climat; 2° les sensibilités de diverses variétés de blé vis-à-vis de ces rouilles.

BIOLOGIE. — *Sur la réversibilité des phénomènes d'arrêt par abaissement du P_H dans l'évolution des œufs d'Oursin.* Note de MM. **M. Rose**, **J. Dragoiu** et **F. Vlès**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons montré, dans les Notes antérieures [1], que l'abaissement du P_H de l'eau de mer est susceptible de bloquer l'évolution d'un œuf d'Oursin fécondé, et provoque toute une série d'importantes modifications cytologiques.

Il reste à déterminer dans quelles conditions les phénomènes observés deviennent irréversibles, et quelles sont les limites du temps de séjour dans les sulutions en deçà desquelles les œufs, remis dans l'eau de mer normale, peuvent reprendre le cours de leur évolution.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 133 et 409.

L'observation des œufs bloqués par les P_H faibles, remis dans l'eau de mer normale, montre que leur sort ultérieur dépend de deux facteurs : 1° la concentration en ions H^+ de la solution expérimentale; 2° la durée de leur séjour dans cette solution.

De plus, pour les P_H très faibles, l'évolution, lorsqu'elle reprend encore, est toujours limitée; il semble que les modifications réalisées dans l'œuf soient trop profondes pour être compatibles avec une survie un peu longue : les processus en train achèvent de se dérouler, et, lorsqu'ils sont terminés, la cytolyse totale de l'œuf se produit.

Ainsi, après un séjour d'une demi-heure dans $P_H{}^3$ et $P_H{}^4$, les œufs traités au moment du diaster du premier fuseau achèvent leur cinèse et l'on obtient le stade II suivi de cytolyse; pour un séjour plus long, la cytolyse se produit d'emblée sans achèvement de la cinèse en route.

Pour $P_H{}^5$, après 2 heures et demie de séjour, l'évolution reprend et va plus ou moins loin, mais aboutit à la cytolyse; si le séjour n'est que de 2 heures, la segmentation repart, mais sur des modes anormaux (stades réniformes, cordiformes, sillons en Y, stades à III ou V blastomères). La division rappelle d'une manière frappante les aspects observés dans certaines méthodes de parthénogenèse expérimentale. Puis, tout se régularise avec le temps et l'on aboutit à des gastrulas normales mais en retard sur les témoins. Pour un séjour inférieur à une heure, l'évolution, sans stades anormaux, n'est que retardée par rapport aux témoins.

Pour $P_H{}^6$ et $P_H{}^7$, les phénomènes sont du même ordre que dans $P_H{}^5$, mais pour des temps de séjour beaucoup plus longs. Cependant il faut noter qu'on n'observe pas aussi nombreuses les formes anormales si curieuses obtenues dans $P_H{}^5$; le pourcentage de ces formes diminue à mesure que le chiffre du P_H s'élève. On constate surtout des retards dans la vitesse d'évolution qui sont fonction de la durée du séjour.

Nous aurions donc quatre types principaux dans le mode de réaction des œufs soumis aux P_H faibles et remis dans leur milieu normal :

1° Les processus de division sont simplement retardés, la valeur du retard dépendant de la concentration en ions H^+ d'une part, et d'autre part de la durée de séjour. Cependant, dans ce cas, certains matériaux cytoplasmiques ont déjà été remaniés dans leur arrangement relatif : le pigment, en effet, qui s'est concentré en plages très colorées au voisinage du centre de l'œuf, se rediffuse peu à peu régulièrement dans toute la cellule. Les modifications produites ne paraissent que transitoires.

2° La division reprend sur des modes très anormaux au moins au début,

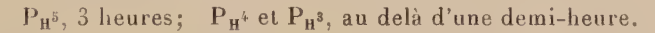
mais les anomalies ne sont que passagères et les phènomènes se régularisent par la suite. L'évolution finit par redevenir normale, quoique retardée. Les modifications produites dans l'œuf ont été plus profondes que dans le cas précédent, mais sont encore réversibles

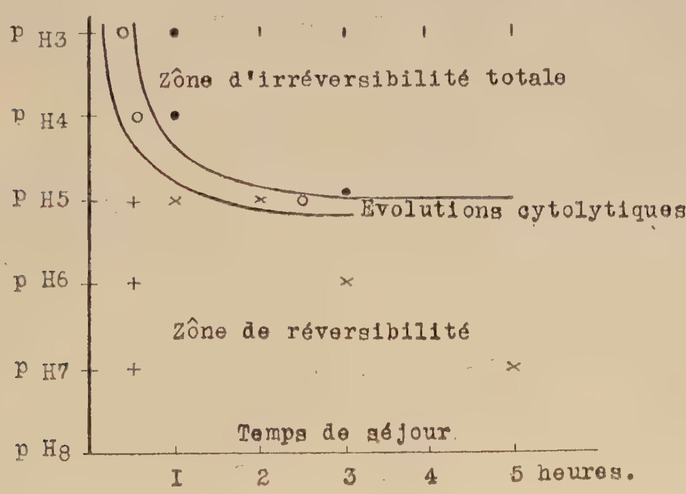
P_{H^7}, 5 heures; P_{H^6}, 3 heures; P_{H^5}, 2 heures.

3° L'évolution reprend d'une manière anormale, et va plus ou moins loin suivant la concentration des ions H^+ et la durée du séjour, mais aboutit toujours à la cytolyse. Les modifications réalisées dans l'œuf ont été trop importantes, en partie définitives et incompatibles avec la vie.

P_{H^5}, 2 heures 30 minutes; P_{H^4} et P_{H^3}, 30 minutes.

4° L'œuf est irréversiblement bloqué et ne réagit plus. L'évolution ne reprend plus et l'œuf se cytolyse directement.


P_{H^5}, 3 heures; P_{H^4} et P_{H^3}, au delà d'une demi-heure.



Zone de réversibilité : + retards simples; × stades anormaux.
○ zone d'évolutions cytolytiques; ● zone d'irréversibilité totale.

Au point de vue cytologique, ces quatre types correspondent à quatre degrés des modifications que nous avons étudiées précédemment : 1° aucune altération interne notable et persistante; 2° polycentries apparues dans les solutions expérimentales, persistant et se régularisant par la suite, gonflement des chromosomes; 3° régression des asters; mais les chromosomes ne sont pas agglutinés; 4° les chromosomes se fusionnent et forment le *paquet noir*.

Quant à la marche cytologique de la reprise de l'évolution, on observe pour le troisième degré que le cytoplasme granuleux s'éclaircit, les rayons des asters reparaissent, les chromosomes reprennent leur forme de baguettes et s'écartent les uns des autres; ils ont donc récupéré leur charge électrostatique négative que l'apport d'ions H avait partiellement neutralisée. Aucun caractère nucléaire ne paraît indiquer si l'évolution reprise se terminera ultérieurement par une cytolyse, laquelle serait donc vraisemblablement d'origine cytoplasmique.

En conclusion, le témoin de l'irréversibilité totale est fourni par l'apparition du *paquet noir*, signalétique d'un état pycnotique, résultat probable de la perturbation des charges des chromosomes; nous retrouvons ici encore des phénomènes parallèles à ceux que l'un de nous a indiqués pour le blocage osmotique des œufs ([1]).

BIOLOGIE. — *Action des oxydes insolubles sur le mildiou de la pomme de terre* (Phytophthora infestans). Note de M. et Mme G. **Villedieu**, présentée par M. P. Viala.

Il est actuellement admis qu'un corps, pour agir sur un organisme vivant, doit au préalable être « solubilisé » dans le liquide ambiant pour pénétrer à l'intérieur de la cellule vivante et qu'il ne peut ainsi être actif que sous la forme soluble; les faits que nous allons exposer semblent être en désaccord avec cette hypothèse.

Dans une Note antérieure ([2]), nous avions indiqué que si à certains milieux nutritifs, parfaitement neutres, on ajoute des oxydes insolubles ou peu solubles comme les oxydes de cuivre ou de cadmium, la végétation de certains champignons, comme le *Penicillium glaucum*, le *Mucor mucedo*, etc., devient impossible sur ces milieux; mais l'insolubilité de ces oxydes ne pouvait être affirmée dans ces milieux complexes où des réactions lentes pouvaient se produire.

Nous avons, après de nombreux tâtonnements, choisi pour expérimenter l'action des oxydes insolubles, l'éclosion des conidies du mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*) suivie, en goutte pendante, en présence des oxydes ou de solutions saturées de ces oxydes.

Ce procédé présente à notre avis l'avantage de réduire au minimum les

---

([1]) Dragoiu, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 199.
([2]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 737.

composantes de l'expérience, ce qui diminue les chances d'erreur; il permet de suivre au microscope toute l'action, qui ne peut être influencée par des causes extérieures; et, de plus, quelques heures suffisent pour chaque expérience.

On utilise :

1° Comme cellule vivante, des conidies de mildiou cultivé sur pomme de terre à température constante (18°);

2° Comme insolubles, des oxydes purs que nous énumérerons plus loin;

3° Comme solvant, de l'eau bidistillée.

On opère ensuite de la façon suivante :

On laisse en contact, 24 heures au moins, en agitant fréquemment, l'oxyde étudié et l'eau distillée; on filtre ensuite sur double filtre très serré le liquide chargé au maximum d'oxyde insoluble ou peu soluble; on vérifie la présence de l'oxyde, si possible.

On prend pour chaque opération une partie de cette solution saturée et une partie de l'oxyde même qui a servi pour cette opération.

On fait alors pour chaque oxyde trois sortes d'essai. Avec une même culture, on ensemence, en chambre humide, des conidies de mildiou :

1° Dans une goutte de l'eau filtrée saturée d'insoluble;

2° Dans une goutte d'eau distillée, contenant l'insoluble finement pulvérisé et également réparti dans toute la goutte;

3° Dans une goutte d'eau très allongée et saturée d'insoluble, à l'une des extrémités de laquelle on a, au préalable, introduit quelques particules d'insoluble.

On observe les trois séries de chambres ainsi préparées et abandonnées à 15°.

I. Dans l'eau filtrée saturée d'insoluble il y a germination, vie active des zoospores, fixation et germination normale de ces dernières.

II. Dans l'eau distillée, contenant l'insoluble pulvérisé, rien ne naît; si parfois une zoospore s'échappe dans une partie où le précipité fait défaut, elle se fixe immédiatement et meurt; pas de germination. Plus le précipité est réduit en particules fines, plus son action est sûre.

III. Dans la goutte longue, au voisinage du précipité, aucune vie; à l'extrémité opposée de la goutte d'eau les zoospores éclosent et vivent. Si quelques-unes d'entre elles viennent, dans leur course, à toucher le précipité, elles ralentissent leurs mouvements, se fixent et meurent.

Pour ces expériences, les oxydes insolubles ou peu solubles choisis ont été les suivants : magnésie calcinée, magnésie hydratée, oxydes de cad-

mium, de nickel, de cobalt, de zinc, oxyde noir de cuivre (provenant de la calcination de l'azotate cuprique), oxyde rouge de mercure, tous toxiques au contact.

Cette toxicité est due, pour une part au moins, à la fonction basique de ces oxydes; car en présence des oxydes suivants : Bi^2O^3, Fe^2O^3, Al^2O^3, Cr^2O^3, Pb^3O^4, MnO^2, le mildiou vit et germe normalement.

Si l'on salifie les oxydes reconnus toxiques par des acides minéraux ou organiques, on obtient des solutions dans lesquelles le mildiou peut se développer, la toxicité de ces solutions variant du $\frac{1}{1000}$ au $\frac{1}{100000}$ ou même au $\frac{1}{1000000}$ suivant le métal et l'acide utilisés. Mais dans une solution saline choisie et contenant une proportion de métal supérieure à celle que l'on pouvait déceler dans la solution d'oxyde, toujours nous avons pu faire vivre du mildiou.

Il y a lieu de retenir que ces faits sont en contradiction nettement apparente avec l'idée admise aujourd'hui que les corps n'agissent dans le domaine biologique qu'autant qu'ils ont été au préalable solubilisés. Dans ces expériences, la solution saturée des corps insolubles ou peu solubles est sans action et ces insolubles eux-mêmes n'agissent qu'au contact des cellules vivantes mises en réaction.

BIOLOGIE. — *Comparaison entre le comportement sexuel de quelques Néréidiens des côtes de la Manche.* Note de M. **R. Herpin**, présentée par M. Ch. Gravier.

Dans une précédente Note (1), j'ai montré que chez *Perinereis cultrifera* l'émission du sperme pouvait être déterminée par une sécrétion de la femelle, tandis que la ponte l'était par la présence des spermatozoïdes. J'ai montré aussi que le même mâle peut émettre du sperme trois jours de suite, alors que normalement la femelle ne pondait qu'une seule fois. Cette différence doit tenir à ce que l'éjaculation se fait uniquement par l'anus, tandis que la ponte se fait à la fois par l'anus et des déchirures latérales.

Je me suis proposé de rechercher s'il en était de même chez quelques autres Néréidiens communs sur les côtes de la Manche : *Perinereis Marionii* Aud. et Edw., *Nereis irrorata* Malm. et *Nereis pelagica* L.

---

(1) Herpin, *Sur les relations sexuelles chez* Perinereis cultrifera *Gr.* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 417).

Chez *Perinereis Marionii*, j'ai pu renouveler une fois avec succès les expériences de Lillie et Just sur *Nereis limbata* : Un mâle placé dans l'eau où avait séjourné une femelle (cette dernière étant ôtée) avait émis par l'*anus* un filet de sperme.

Remis dans de l'eau de mer pure, il cesse d'éjaculer. Réintroduit dans l'eau où avait séjourné la femelle, l'émission du sperme reprend. Elle s'arrête presque complètement par un nouveau transport dans l'eau de mer pure. Une troisième éjaculation, mais peu abondante, est obtenue en replaçant le mâle dans l'eau où la femelle avait séjourné. Elle est suivie d'un arrêt définitif, l'animal n'éjaculant plus, même en présence de la femelle.

La sécrétion de la femelle qui détermine le réflexe éjaculatoire ne se produit qu'à maturité complète : Un mâle et une femelle de *Nereis pelagica*, n'ayant point réagi une première fois, réagirent six jours plus tard. L'examen attentif de ces deux animaux me montra que lorsque la maturité complète est proche, la présence de la femelle ou bien de l'eau dans laquelle elle a séjourné détermine la natation du mâle, mais sans émission de sperme.

La possibilité pour le mâle d'émettre du sperme plusieurs jours de suite a été établie très nettement chez *Nereis irrorata*. Un mâle ayant émis du sperme en présence d'une femelle et déterminé la ponte de cette dernière a nagé pendant plusieurs heures. Remis dans les ulves, *il s'y est construit un tube*. Le lendemain, mis en présence de deux femelles, il a refusé d'abord de réagir; mais à la nuit (21^h), il est sorti de son tube à diverses reprises pour nager. Mis alors en présence des femelles précédentes, il a émis du sperme. Remis dans son vase d'élevage, il est encore rentré dans son tube. Dans l'après-midi du jour suivant, je l'y trouvai mort, mais entouré de sperme.

Quelques différences sont à noter entre *Perinereis cultrifera* et *Perinereis Marionii*, concernant l'émission du sperme et des œufs.

Ces différences sont en rapport avec une particularité morphologique : chez *Perinereis cultrifera*, *Nereis irrorata* et *Nereis pelagica* le corps ne présente à maturité que deux régions : région antérieure non sensiblement modifiée et région hétéronéréidienne s'étendant jusqu'au pygidium et caractérisée par le développement des organes de natation : lamelles et soies à palettes. Au contraire, chez *Perinereis Marionii*, Fauvel [1] décrivant, pour la première fois, la forme hétéronéréidienne, a fait remarquer que les derniers sétigères ne sont pas modifiés, c'est-à-dire ne portent ni soies ni lamelles.

---

[1] FAUVEL, *Sur quelques Néréidiens* (*A. F. A. S.*, Congrès de Dijon, 1911).

J'ai pu, de nouveau, constater le fait et m'assurer de sa généralité. J'ai eu des spécimens ayant émis des produits sexuels qui se sont fécondés et je puis affirmer qu'il s'agit bien là d'un réel caractère des individus complètement épitoques et non d'un fait passager tenant au développement successif des lamelles et des soies.

Les *Perinereis Marionii* épitoques ont donc leur corps divisé en trois régions : région antérieure, région hétéronéréidienne et région postérieure non modifiée et très étroite; chez un mâle ayant nagé et émis du sperme, cette troisième région comporte 27 sétigères sans soies pélagiques et 3 segments sans appendices ni soies.

Probablement à cause de l'étroitesse de cette région formant obstacle, l'éjaculation par l'anus est fréquemment accompagnée de la sortie du sperme par déchirures latérales se produisant vers la jonction des régions postérieure et moyenne.

Pour la même raison, la ponte se fait graduellement et avec une certaine lenteur; la troisième région du corps de la femelle devient alors très étroite et absolument inerte, alors que celle du mâle s'amincit graduellement. Le fait que souvent l'éjaculation se fait à la fois par l'anus et par des déchirures doit rendre plus rare la survivance du mâle à une première éjaculation; en fait je ne l'ai pas encore constatée.

Des différences sont aussi à noter en ce qui concerne l'enveloppe gélatineuse dont l'œuf s'entoure après la fécondation. Chez *Perinereis cultrifera* et plus encore chez *P. Marionii*, cette enveloppe adhère très fortement au cristallisoir. Au contraire, chez *Nereis irrorata* et *N. pelagica*, l'adhérence est nulle, de telle sorte que les œufs sont soulevés par la moindre agitation de l'eau. Il est intéressant de comparer ce fait avec la distribution verticale et horizontale de ces espèces : *Perinereis Marionii* est une espèce exclusivement littorale vivant à Cherbourg dans les fentes de schistes à un niveau très élevé, son aire de répartition se limite à la Manche et aux côtes françaises de l'Océan. *P. cultrifera* s'étend beaucoup plus, verticalement et horizontalement, mais ne descend pas à une grande profondeur. Au contraire, *Nereis irrorata* et *N. pelagica* qui, dans la zone intercotidale n'apparaissent qu'à un niveau assez bas, descendent par contre à une profondeur considérable pouvant dépasser 1200^{m} pour cette dernière. Leur aire de répartition est très étendue; elle est mondiale pour *N. pelagica* [1]. Il

---

[1] FAUVEL, *Annélides Polychètes non pélagiques* (Résultats des campagnes scientifiques du prince de Monaco).

semble donc, pour cette dernière surtout, dont *la larve n'est jamais nageante* ([1]), que l'adhérence nulle de ses œufs a pu contribuer à favoriser l'extension mondiale de cette espèce en permettant leur entraînement par les courants.

Remarques sur la Note précédente de M. R. Herpin, par M. **Ch. Gravier.**

Les résultats des expériences de M. R. Herpin, qui confirment et étendent ceux obtenus par F.-R. Lillie et E.-E. Just, à Woods Hole (Mass.), ont une portée plus considérable qu'elles ne le paraissent, au point de vue de la biologie générale. Il est à souhaiter que des recherches du même ordre soient entreprises sur beaucoup d'autres animaux.

Chez un grand nombre de Polychètes, la fécondation est externe, notamment chez ceux qui expulsent directement leurs éléments reproducteurs dans le milieu aquatique où ils vivent, sans former de ponte agglomérée, comme ceux qui enveloppent leurs œufs dans un mucus protecteur. Quand les ovules sont pondus isolément, la fécondation paraît être absolument fortuite et permettre largement à l'hybridation de s'exercer. En réalité, l'hybridation doit être bien moins fréquente qu'on ne le croirait *a priori*. Il est fort possible que les ovules de beaucoup de Polychètes — et d'autres animaux — sécrètent, comme les expériences précitées l'ont établi chez plusieurs espèces de Néréidiens, une substance spécifique qui provoque rapidement l'émission des spermatozoïdes chez les mâles de la même espèce, sans avoir la moindre action sur les mâles mûrs d'autres espèces, même voisines ([2]). En outre, bien d'autres circonstances, que nous sommes loin de connaître toutes, interviennent dans la fusion des cellules reproductrices de sexes différents.

([1]) Herpin, *Sur le développement de quelques Néréidiens* (*A. F. A. S.*, Congrès de Rouen, 1921).

([2]) Sans doute, on a réussi, dans les laboratoires, à provoquer la fécondation d'ovules d'une espèce déterminée par des spermatozoïdes d'une espèce très différente de celle-ci, se rapportant à des genres, à des ordres et même à des embranchements différents. Mais il faut, en général, pour cela, outre de minutieuses précautions de technique, fabriquer un milieu spécial. De pareilles conditions n'existent pas dans la nature. Le pourcentage des succès, dans ces fécondations hétérogènes, est toujours plus ou moins restreint.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la possibilité de réaliser la désinfection intestinale.* Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

Tous les procédés préconisés jusqu'ici pour détruire les micro-organismes qui pullulent en nombre immense dans le tube digestif sont dépourvus d'efficacité.

Quels que soient les antiseptiques auxquels on s'est adressé, il n'a pas été encore possible de stériliser les déchets de la digestion dans l'organisme même où ils se multiplient.

Il nous a semblé que ce résultat pourrait être obtenu au moyen de certains composés argentiques que nous avons été amené à préparer à la suite des conceptions théoriques suivantes :

Les sels d'argent sont des agents bactéricides remarquables (1), mais ils sont très irritants parce qu'ils précipitent les matières albuminoïdes, les chlorures et certains éléments constitutifs des tissus et des liquides humoraux.

Pour éviter autant que possible ces précipitations, nous avons pensé qu'il conviendrait d'engager l'argent dans des complexes sulfurés dont la chaleur de formation est plus élevée que celles dans lesquelles le métal est combiné avec le chlore.

Parmi les corps obtenus en partant de ce principe, nous avons retenu celui qui nous a semblé réunir le plus grand nombre d'avantages, c'est-à-dire l'argentothioglycérine-sulfonate de sodium (2).

$$\begin{array}{l} CH^2-SAg \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH^2O-SO^3Na. \end{array}$$

Cette substance, qui renferme 35 pour 100 d'argent métallique, se présente sous forme d'une poudre jaune, très soluble dans l'eau, ne précipitant ni par la soude ni par les chlorures, ni par l'ovalbumine ; elle ne s'altère pas à la lumière, ne tache pas les tissus ; sa toxicité, par voie gastrique, est très

(1) Exception faite des préparations constituées par de l'argent colloïdal, telles que le collargol ou l'argyrol qui ne sont bactéricides qu'à la dose de $\frac{1}{1000}$ environ.

(2) Auguste Lumière, *Sur les dérivés métalliques de la thioglycérine sulfonique* (*Société de Thérapeutique de Paris*, 12 octobre 1921).

faible puisqu'il faut administrer plus de 1^g de ce composé argentique par kilogramme pour déterminer la mort.

Son pouvoir antiseptique varie de $\frac{1}{5000}$ à $\frac{1}{10000}$ suivant les micro-organismes.

L'expérience suivante montre l'efficacité de ce dérivé argentique comme antiseptique intestinal.

Si l'on délaye 5^{cg} de matières fécales d'un chien normal dans 20^{cm^3} de bouillon stérile renfermé dans un ballon Pasteur et que l'on prélève 5 gouttes de ce bouillon pour ensemencer le même volume de bouillon d'un second ballon, on obtient, au bout de 24 heures d'étuve, une culture abondante dont 10 gouttes cultivées en boîte de Pétri donnent en 48 heures plusieurs centaines de colonies.

Après avoir donné, pendant 10 jours, à un chien de $10^{kg},400$, 1^g par jour de benzonaphtol, si l'on répète le même essai, on peut constater que le produit s'est montré complètement inefficace et que le nombre de colonies de la boîte de Pétri ensemencée est sensiblement le même que dans le cas du chien témoin. Plus de 100 colonies sur un diamètre de 100^{mm}.

Prenant ensuite un autre chien de même poids, nous lui avons donné 1^g d'argentothioglycérine-sulfonate de sodium par voie gastrique, sous forme de pilules incluses dans de petits cubes de biscuits, et nous avons constaté dans ce cas, après 4 jours de traitement, que la boîte de Pétri, préparée dans les mêmes conditions, ne présentait plus qu'une seule colonie, le contenu intestinal étant devenu presque stérile.

Les essais cliniques qui se poursuivent à l'aide de cette substance semblent confirmer ces remarquables propriétés.

A $15^h 50^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géographie et Navigation, par l'organe de M. Lallemand remplaçant le doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Louis Favé* :

En première ligne. . . . . M. **Jean Tilho**

En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique. . . . . MM. **Félix Arago**, **Eugène Fichot**, **Louis Gentil**, **Georges Perrier**, **Édouard Perrin**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 5 février 1923.)

Note de M. *P. Dejean*, Corrélation entre l'hypothèse du champ démagnétisant élémentaire et la théorie du champ moléculaire :

Page 388, ligne 28, *ajouter* $\chi(T - \Theta) = C$.
Page 390, ligne 19, *au lieu de* $\mathcal{H}_T$, *lire* $\mathcal{H}_r$.
Page 391, ligne 11, *au lieu de* $\mathcal{H}_e + \varepsilon' + \mathfrak{b}$, *lire* $\mathcal{H}_e + \varepsilon' = \mathfrak{b}$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de janvier 1923.

Construction et exploitation des grands réseaux de transport d'énergie électrique à très haute tension. Compte rendu des travaux de la Conférence internationale tenue à Paris du 21 *au* 26 *novembre* 1921, par Jean Tribot Laspière. Paris, Union des syndicats de l'électricité, 1922; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. D. Berthelot.)

Manuel d'océanographie physique, par J. Rouch. Paris, Masson et Cie, 1922; 1 vol. 21cm.

Les Termites, partie générale : *Description. Distribution géographique. Classification. Biologie. Vie sociale. Alimentation. Constructions. Rapport avec le monde extérieur*, par E. Hegh. Bruxelles, Imprimerie industrielle et financière, 1922; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. E. Bouvier.)

Œuvres de Pasteur. Tome premier : *Dissymétrie moléculaire*. Tome II : *Fermentations et générations dites spontanées*, réunies par Pasteur-Vallery-Radot. Paris, Masson et Cie, 1922; 2 vol. 28cm.

Two Addresses to the engineering students of the University of Barcelona, par J. A. L. Waddell. Chez l'auteur, New-York, 1922; 1 fasc. 21cm.

Bibliographie des travaux scientifiques (sciences mathématiques, physiques et naturelles) publiés par les Sociétés savantes de la France, dressée sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique, par René Descharmes. Tome II, 1re livraison. Paris, Imprimerie nationale, 1922; 1 vol. 28cm.

Les progrès de la Chimie en 1920. Traduction française autorisée des *Annual Reports on the Progress of Chemistry for* 1920, Vol. XVII, publiée sous la direction de M. André Kling. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1922; 1 vol. 23cm.

Paul Schutzenberger et l'isotopie, par O. Boudouard, extrait du *Bulletin mensuel de l'Association amicale des anciens élèves de l'École de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris*, n° 337, novembre 1922; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Haller.)

Traité d'analyse des substances minérales, par Adolphe Carnot. Tome quatrième et dernier : *Métaux* (2e partie). *Révision et appendice*, par E. Goutal. Paris, Dunod, 1922; 1 vol. 25cm.

1822-1922. *Pasteur. Institut Pasteur*, 27 *décembre* 1922. Paris, Hachette, 1922; 1 vol. 25cm

Synthèses au moyen de l'amidure de sodium. Conférence faite devant la Société chimique de France le 2 juin 1922, par A. Haller. Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*. Paris, Masson et Cie, 1922; 1 fasc. 20cm.

Les sourciers et leurs procédés. Les baguettes. Les pendules. Les appareils automatiques et autres procédés, par HENRI MAGER. Deuxième édition. Paris, Dunod, 1923; 1 vol. 20cm.

Les progrès récents de l'astronomie, par PAUL STROOBANT. Volume IX. Années 1915-1920. Première partie : *Le système solaire*. Bruxelles, Hayez, 1922; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. H. Deslandres.)

Théorie colloïdale de la Biologie et de la Pathologie, par AUGUSTE LUMIÈRE. Paris, Étienne Chiron, 1922; 1 vol. 20cm. (Présenté par M. E. Roux.)

La vie des atomes, par A. BOUTARIC. Paris, Ernest Flammarion, 1923; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. D. Berthelot.)

Encyclopédie française d'urologie, publiée sous la direction de A. POUSSON et E. DESNOS. Tome premier : *Histoire de l'urologie, embryologie, anatomie et physiologie de l'appareil urinaire; généralités*, par E. DESNOS, J. PELLEGRIN, C. PAPIN, H. RIEFFEL, PIERRE DESCOMPS et AUBARET, A. LABAT, CH. ACHARD et G. PAISSEAU, J. JANET, ERTZBISCHOFF. Tome deuxième : *Exploration des reins et des uretères, lésions traumatiques du rein. Lésions inflammatoires du rein; lithiase rénale, tuberculose rénale, tumeurs du rein*, par O. PASTEAU et AMBARD, ARCELIN, V. CARLIER et HEITZ-BOYER, A. POUSSON et J. CARLES, ED. MICHON, M. CHEVASSU, F. LEGUEU, M. RAFIN, CH. TUFFIER et AD. BRÉCHOT. Tome troisième : *Affection des reins et des uretères, affections des capsules surrénales*, par H. BRIN, V. NICAISE, P. BAZY, E. GAUCHER et M. DRUELLE, ED. PAPIN, P. ALGLAVE, D. COURTADE, V. ROCHET, L. THÉVENOT, ED. PAPIN et L. MOREL, A. POUSSON, H. HARTMANN, E. JEANBRAU, E. FORGUE, E. MICHON, M. RAFIN et A. BŒCKEL, PAUL DELBET, M. RIBADEAU-DUMAS. Tome quatrième : *Maladies de la vessie*, par O. PASTEAU, ARCELIN, ROUVILLOIS et FERRON, HEITZ-BOYER, H. MINET, ERTZBISCHOFF, VERHOOGEN, MALHERBE et PASQUEREAU, NICAISE, GAUCHER et DRUELLE, ESTOR et VIALLETON, E. FORGUE, A. POUSSON, COURTADE, PAUL DELBET, GENOUVILLE et BŒCKEL, DESNOS. Tome cinquième : *Maladies de l'urèthre*, par P. NOGUÈS, PAUL ANDRÉ, MARCEL SÉE, E. PAPIN, J. ESCAT et ANTOINE DOR, ORAISON, GENOUVILLE, ERTZBISCHOFF, IMBERT, DRUELLE, POUSSON, NOVÉ-JOSSERAND et GAYET, MINET, HEITZ-BOYER. Tome sixième : *Maladies de la prostate; les grands syndromes urinaires*, par P. ANDRÉ, ORAISON, G. MARION, V. PAUCHET, P.-A. ERTZBISCHOFF, V. NICAISE, DRUELLE, P. DELBET, X. ARNOZAN, M. CREYX, L. BERNARD, J. PARAF, CH. ACHARD, A. LEBLANC, J. TEISSIER, CH. ROUBIER, J. CASTAIGNE, H. PAILLARD, L. BINET, LE DANTEC, A. HOGGE. Paris, Octave Doin, 1914, 1914, 1914, 1921, 1922, 1923; 6 vol. 28cm. (Présenté par M. L. Bazy.)

(*A suivre.*)